

ESTUDIO PARA LA MEJORA DE ESTÁNDARES DEL PROCESO PRODUCTIVO
EN LA EMPRESA MATERIALES INDUSTRIALES S.A DE LA ORGANIZACIÓN
CORONA

EDWIN DARÍO CRUZ VARGAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOGAMOSO - 2016

ESTUDIO PARA LA MEJORA DE ESTÁNDARES DEL PROCESO PRODUCTIVO
EN LA EMPRESA MATERIALES INDUSTRIALES S.A DE LA ORGANIZACIÓN
CORONA

EDWIN DARÍO CRUZ VARGAS

Práctica empresarial para optar al título de ingeniero industrial

Director:
Hugo Felipe Salazar Sanabria
Ing. Industrial

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOGAMOSO –2016

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
1. LA EMPRESA.....	9
1.1. Reseña Histórica	9
1.2. Ubicación	10
1.3. Misión	10
1.4. Visión	10
1.5. Circulo de ORO MISA - ERECOS S.A.....	11
1.6. Política Integral MISA - ERECOS S.A.	11
1.7. Valores Corporativos SEAMOS CORONA	12
1.8. Estructura Erecos Sogamoso	12
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.1. Descripción del Problema	13
2.2. Formulación del Problema	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo General	14
3.2. Objetivos Específicos.....	14
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	17
6. METODOLOGÍA.....	18
6.1. Tipo de investigación	18
6.2. Fuentes de información	18
6.2.1. Fuentes primarias.....	18
6.2.2. Fuentes secundarias	18
6.3. Proceso Metodológico	18
7. MARCO REFERENCIAL	20
7.1. Marco conceptual	20
7.2. Marco teórico	25

8. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	31
8.1. Flujograma del proceso de fabricación ERECOS.	32
8.2. Estaciones de Trabajo	32
8.2.1. Preparación de Materias Primas	32
8.2.1.1. Extrusión	33
8.2.1.2. Trituración y Molienda de Materias Primas	34
8.2.2. Basculación.	35
8.2.3. Línea ladrillo Prensado.....	36
8.2.3.1. Mezclado	36
8.2.3.2. Prensado	37
8.2.3.3. Carga y Descarga.....	38
8.2.3.4. Secado y Quema.....	39
8.2.3.5. Empaque y embalaje	40
8.2.4. Línea especialidades.....	41
8.2.4.1. Mezclado	41
8.2.4.2. Empaque y embalaje	42
8.3. Catálogo de Productos	44
9. IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE CAUSAS DE TIEMPOS PERDIDOS .	45
9.1. Cálculo de Capacidades	45
9.2. Identificación de tiempos perdidos.....	47
9.3. Cálculo Disponibilidad.....	48
9.4. Análisis de tiempos perdidos	50
10. ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN	54
10.1. Medición	55
10.2. Selección de productos y MP	56
10.3. Cálculo productividad	61
10.4. Análisis de Estándares	62
11. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA	64
11.1. Pasos a seguir para la elaboración de mejoras.....	65

11.1.1. Identificar área de mejora	65
11.1.2. Detectar causa de problemas.....	65
11.1.3. Formular objetivo.....	65
11.1.4. Diseñar y seleccionar acciones de mejora	66
11.1.5. Diseño del plan.....	66
11.1.6. Desarrollo, Seguimiento y control.....	67
11.2. Desarrollo de la propuesta	68
11.2.1. Identificar área de mejora	68
11.2.2. Detectar causa de problemas.....	68
11.2.3. Formular objetivo.....	68
11.2.4. Diseñar y seleccionar acciones de mejora	68
11.2.5. Diseño del plan.....	77
11.2.6. Desarrollo, Seguimiento y control.....	77
11.2.6.1. Indicadores de gestión.....	78
11.2.6.2. Indicadores de eficacia de la planta.....	78
11.2.6.3. Indicadores de calidad y ahorro de energía.....	79
11.2.6.4. Indicadores de mantenimiento.....	79
11.2.6.5. Indicadores de salud, entorno y seguridad	80
12.CONCLUSIONES	81
13.RECOMENDACIONES	82
14.BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA.....	83
ANEXOS.....	84
Anexo 1. Producción anual	85
Anexo 2. Distribución de la capacidad instalada de Prensas	86
Anexo 3. Diagrama de Pareto de tiempos perdidos por categoría en el prensado.....	87
Anexo 4. Tabla para identificar áreas de mejora	89
Anexo 5. Gráficas de indicadores propuestos.....	90
Anexo 6. Estándares y productividad real en empaque de especialidades.....	97

Anexo 7. Tabla para construir el plan de mejoras	98
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proceso Productivo	31
Tabla 2. Tiempo de Mezclado en mezclador Eirich	37
Tabla 3. Capacidad del horno Bickley.....	40
Tabla 4. Tiempo de mezclado de Especialidades.....	41
Tabla 5. Tiempo perdido por paradas en extrusión.....	49
Tabla 6. Datos Históricos en el puesto de trabajo de Molienda	61
Tabla 7. Paralelo entre los estándares establecidos en SAP con la productividad real del puesto de trabajo de Molienda	62
Tabla 8. Priorización de mejoras.....	67
Tabla 9. Mejoras propuestas en la preparación de materias primas.....	71
Tabla 10. Mejoras propuestas en la línea de ladrillos prensado	75
Tabla 11. Mejoras propuestas en la línea de especialidades	77
Tabla 12. Indicadores de gestión	78
Tabla 13. Indicadores de eficacia de la planta.....	79
Tabla 14. Indicadores de calidad y ahorro de energía	79
Tabla 15. Indicadores de Mantenimiento	80
Tabla 16. Indicadores de salud, entorno y seguridad	80

LISTA ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ramadas de materias primas a granel	33
Ilustración 2. Extrusora JC Steele y Arcilla Rionegro Extruida	34
Ilustración 3. Trituradora de Mandíbulas.....	35
Ilustración 4. Carro Basculador automático	36
Ilustración 5. Prensas Boyd y Laeis	38
Ilustración 6. Área carga y descarga.....	39
Ilustración 7. Horno Bickley y Secadero	40
Ilustración 8. Empaque y embalaje de ladrillo prensado	41
Ilustración 9. Mezclador RotoMixer	42
Ilustración 10. Empaque y embalaje de especialidades refractarias secas	43
Ilustración 11. Empaque y embalaje de morteros húmedos	44

LISTA DIAGRAMAS

Diagrama 1. Estructura MISA-ERECOS Sogamoso	12
Diagrama 2. Fugograma de Fabricación	32
Diagrama 3. Catálogo de productos	44
Diagrama 4. (Izq) Distribución de la capacidad Instalada (Der) Distribución de la Capacidad Utilizada del puesto de trabajo de Extrusión en el año 2015	47
Diagrama 5. Pareto de las causas de tiempos perdidos en extrusión en el año 2015	48
Diagrama 6. Causa-Efecto en extrusión	50
Diagrama 7. Pareto de producción del molino de conos Astecnia	57
Diagrama 8. Pareto de Producción del Molino de Bolas Anivi	57
Diagrama 9. Pareto de Producción del molino de discos Teutonia	58
Diagrama 10. Metodología de plan de mejora	64

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de toda organización o empresa manufacturera es el tener las mejores ganancias posibles, y al mismo tiempo se busca la satisfacción de las necesidades de los clientes con productos de la más alta calidad al mejor precio posible, es por ello que la adopción de filosofías y metodologías que lleven al logro de esta meta se vuelve una de las principales directrices de una compañía.

Materiales industriales S.A que hace parte de la organización Corona desde el año 2013, es una empresa de manufactura que se encarga de la producción de materiales refractarios dentro de los que se encuentran principalmente el ladrillo prensado y las especialidades refractarias. A pesar de ser la única empresa de este tipo en Colombia la industria refractaria es altamente competitiva en calidad y precios a nivel mundial, lo que ha llevado a que se implementen estrategias que permitan que los productos de la empresa sean más competitivos y abarquen un segmento del mercado cada vez mayor. Tales estrategias como la adquisición de la empresa por parte de la organización Corona y la utilización de la más alta tecnología hacen a Materiales industriales más competitivos a nivel regional y mundial.

El análisis de los estándares de producción es el foco de este proyecto, para ello se hará una descripción del proceso de producción de las principales líneas de producción, una medición a cada uno de los puestos de trabajo analizando métodos de trabajo, causas de tiempos perdidos, verificación de los estándares y capacidades de producción y desarrollo de mejores estándares para incrementar productividad y competitividad de la planta y desarrollo de propuestas para la mejora de estándares de producción. Los resultados darán una directriz al área de producción de la empresa para llevar a cabo de una mejor manera el proceso productivo de sus principales productos, además una actualización de los estándares de producción en cada puesto de trabajo ayudarán a que el ERP (Enterprise Resource Planning) de la empresa se actualice y no genere costos irregulares dentro del sistema de información.

1. LA EMPRESA

1.1. RESEÑA HISTÓRICA

ERECOS - Empresa de Refractarios Colombianos S.A.S, pertenece a la **Organización CORONA** desde el año 2014, una compañía multinacional con 130 años de experiencia en procesos de manufactura que actualmente emplea a más de 12.000 personas, contando con más de 25 plantas de manufactura distribuidas en Estados Unidos, Centro América, Colombia y Brasil. Reconocida como una compañía con un alto grado de compromiso con la naturaleza y la sociedad.

La **Empresa de Refractarios Colombianos S.A.S, ERECOs**, fue fundada en la ciudad de Medellín, Colombia, en Marzo 17 de 1953 por la **Empresa Siderúrgica de Medellín S.A., SIMESA**, y la compañía Suiza **S.A DES PRODUITS REFRACTARIES**. Con más de 60 años de trayectoria en el mercado, somos una compañía dedicada a la fabricación de refractarios para diversos sectores productivos, contando con equipos de última tecnología que nos permiten ofrecer productos de la más alta calidad y atender diferentes mercados entre los que se cuentan Colombia, Venezuela, Ecuador, Costa Rica y Cuba.

A lo largo de su historia destacadas compañías del sector de refractarios del mundo han adquirido participación en la empresa, brindando asistencias técnicas y desarrollos importantes en equipos y procesos que han impulsado nuestro crecimiento hasta convertirnos en una compañía Colombiana que trabaja con estándares de calidad y tecnología de clase mundial en el campo de refractarios. La reciente adquisición por parte del grupo Corona refuerza los vínculos técnicos y asesorías especializadas con grandes jugadores mundiales del sector, además de poner a nuestra disposición, laboratorios de alta tecnología y el Know-how de más 130 años de la organización Corona que nos permiten incorporar nuevas y mejores soluciones para los diferentes mercados.

Nuestras facilidades logísticas, redes de distribución y plantas de producción estratégicamente ubicadas nos permiten atender las demandas de diferentes mercados en toda las Américas y el resto del mundo.

Algunos hitos históricos para resumir:

- Marzo 17 de 1953 La **Empresa de Refractarios Colombianos S.A.S, ERECOS**, es fundada en Medellín por la **Empresa Siderúrgica de Medellín S.A., SIMESA**, y la compañía Suiza **S.A DES PRODUITS REFRACTARIES**.
- 1959 la compañía americana, **General Refractories Company, GREFCO**, adquiere la participación de la compañía Suiza, brindando asistencia técnica.
- En **1994** pasó de **GREFCO a A.P. GREEN REFRACTORIES Inc.** En **1998** a **HARBISON WALKER REFRACTORIES COMPANY**.
- Más tarde esta empresa fue adquirida por el grupo **RHI**, líder a nivel mundial. Conformado por **A.P. GREEN REFRACTORIES Inc., NORTH AMERICAN REFRACTORIES COMPANY** y **HARBISON WALKER REFRACTORIES COMPANY**.
- En **2013**, la compañía es adquirida por la **Organización CORONA**.

1.2. UBICACIÓN

La empresa Materiales Industriales S.A tiene 2 plantas de producción una de ellas, donde se realizara el proyecto, se encuentra ubicada en la ciudad de Sogamoso, Km 5 vía Corrales, Departamento de Boyacá, Colombia. La otra planta de producción está ubicada en la Carrera 49 # 67 Sur – 680, en Sabaneta - Antioquia.

1.3. MISIÓN

Somos una empresa dedicada a la fabricación y suministro de productos refractarios, fundamentados en el desarrollo de nuestro talento humano y la mejora continua de nuestros productos que garanticen el crecimiento y competitividad de la organización.

1.4. VISIÓN

Ser la empresa líder en la subregión Andina, Centro América y el Caribe, en el desarrollo, fabricación y suministro de productos refractarios. Reconocida por su compromiso con el medio ambiente, el desarrollo integral de su personal, su gestión de calidad e innovación tecnológica y su orientación al cliente.

1.5. Circulo de ORO MISA – ERECOS S.A.

Why

“Contribuimos a la excelencia operacional de nuestros clientes, garantizando soluciones confiables”

How

- Formando relaciones cercanas con los clientes por medio de un personal comercial y técnico altamente capacitado y con conocimiento profundo de los procesos e industria del cliente.
- Contando con una cadena de suministros sincronizada y con procesos productivos en ubicaciones costo efectivas que aseguren una rápida respuesta al cliente.
- Alcanzando altos estándares de calidad y consolidando una operación flexible con costos competitivos.
- Fomentando la innovación en los diferentes equipos de la compañía y construyendo relaciones con redes externas.

What

- Ofrecemos soluciones refractarias innovadoras a la medida del cliente, con un portafolio completo de materiales y servicios.

1.6. Política Integral MISA-ERECOS S.A.

Para MISA – Erecos S.A. el Cliente es su razón de ser, por lo tanto buscamos permanentemente su satisfacción, cumpliendo los compromisos pactados con ellos y las especificaciones determinadas por las normas que rigen nuestros productos; previniendo, evitando y/o disminuyendo los impactos ambientales al interior de la empresa y en su entorno, así como los riesgos asociados con la seguridad y la salud de las personas, velando por el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión de Calidad (ISO 9001/2008). Gestionamos la empresa mediante el desarrollo integral del Talento humano, la aplicación del código de ética, el cumplimiento de la legislación y de los requerimientos aplicables a nuestras actividades, el uso racional de los recursos naturales ,el mejoramiento continuo de los procesos y la innovación aplicada a nuestros productos, procesos y servicios Establecemos nuestra estrategia y a partir de ella los objetivos generales de la Empresa, para direccionar las metas propias de cada área, agregándoles valor a los Clientes y asegurándole

el futuro y la sostenibilidad a la Compañía, generando mayor valor a nuestros Accionistas.

1.7. Valores Corporativos “SEAMOS CORONA”

Convertirnos en mejores individuos mientras se promueve el sentido de unidad.

- Seamos pasión por el servicio a nuestros cliente.
- Seamos innovadores a través del aumento de la colaboración.
- Seamos cada vez mejores.
- Seamos personas integrales.
- Seamos ejemplo de respeto por los demás y compromiso con su desarrollo.
- Seamos austeros y sencillos.
- Seamos responsables con nuestra sociedad.

1.8. ESTRUCTURA ERECOS SOGAMOSO.

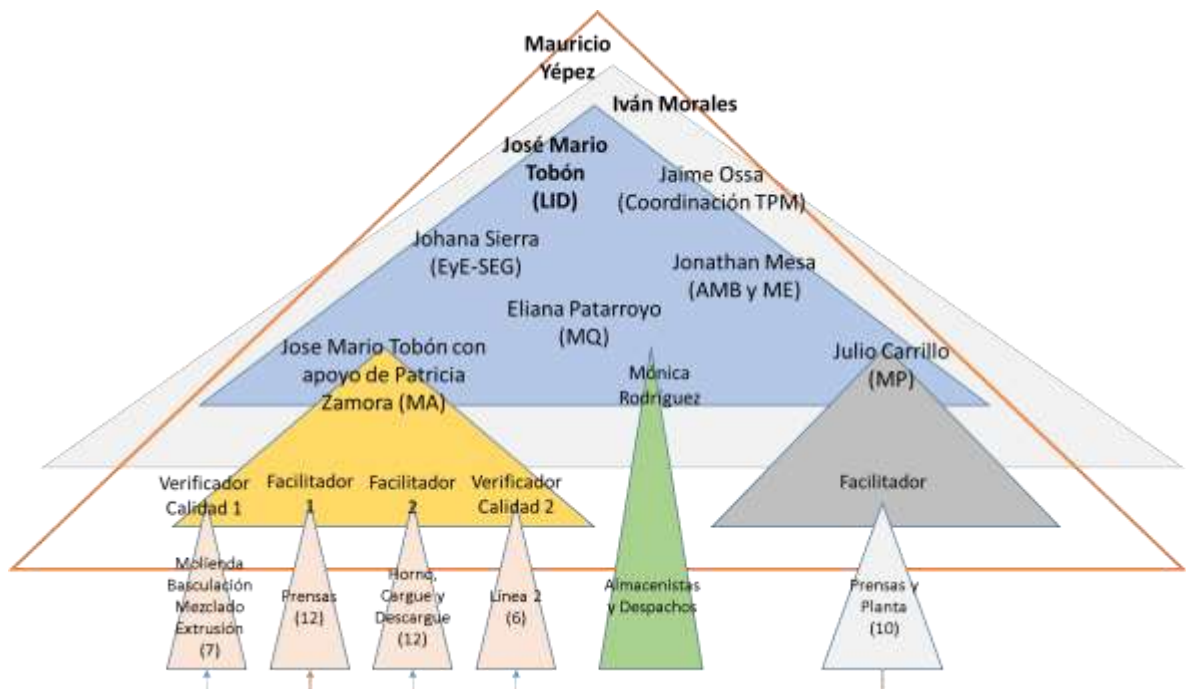


Diagrama 1. Estructura MISA-ERECOS Sogamoso

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Materiales Industriales S.A se encuentra aun acoplándose a las filosofías de la organización Corona y a sus sistemas de Gestión, la organización viene exigiendo mejores resultados a la planta principalmente el aumento del EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization). Los costos se establecen o se presentan cuando los recursos invertidos se utilizan a un nivel determinado de productividad; entonces, cuando la productividad crece, los costos disminuyen. La estrategia planteada es aumento de productividad buscando siempre la satisfacción de los clientes con productos de alta calidad y mejora en tiempo de entrega.

Se informa por parte del gerente de manufactura de la planta una falta de programación de la producción (entrevista al Gerente y Jefe de manufactura) que lleva a tiempos de entrega largos tanto para los clientes externos como para los internos (puestos de trabajo). La diversificación de los productos en la planta dificulta el control de las diversas variables que se encuentran en el proceso. A pesar de que la empresa es flexible en cuanto a cambios repentinos de producción por referencia o calidad de un producto, se identifica que estos cambios son muy frecuentes y generan pérdidas por ajuste de la producción en cada puesto de trabajo y estándares de producción bajos.

2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿Cómo mediante un estudio para la mejora de estándares del proceso productivo en las líneas de ladrillo prensado y especialidades se logrará incrementar la productividad de la planta Materiales Industrial S.A de la Organización Corona de Sogamoso? (Ver Anexo 1)

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio para la mejora de estándares del proceso productivo en la empresa Materiales Industriales S.A de la Organización Corona

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir el proceso de producción de ladrillos prensados y especialidades refractarias.
- Identificar y analizar las causas de tiempos perdidos en las líneas de ladrillo prensado y especialidades refractarias.
- Medir y analizar los estándares de producción en cada puesto de trabajo de las líneas de ladrillo prensado y especialidades.
- Proponer una metodología para la mejora de los estándares de producción.

4. JUSTIFICACIÓN

Es importante considerar, desde el punto de vista económico y práctico, ciertos cambios que continuamente se llevan a cabo en los ambientes industriales y de negocios. Dichos cambios incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector servicios, el uso de computadoras en todas las operaciones de la empresa y la aplicación cada vez más extensa de la Internet y la web. La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. Con una agresividad nunca antes vista, las empresas están resolviendo aspectos como la reducción de costos y un aumento de calidad a través de una mejora en la productividad. El área de producción de una industria es clave para su éxito. En ella los materiales son solicitados y controlados; la secuencia de las operaciones, de las inspecciones y de los métodos es determinada; las herramientas son solicitadas; los tiempos asignados; el trabajo es programado, asignado y se le da seguimiento; y la satisfacción del cliente es mantenida con productos de calidad entregados a tiempo.

De manera similar, los métodos, estándares y la actividad del diseño del trabajo son una parte fundamental del grupo de producción. Aquí más que en ningún otro sector, la gente determina si un producto va a fabricarse de una manera competitiva a través de estaciones de trabajo, herramental y relaciones trabajador-máquina eficientes. El objetivo del gerente de manufactura es fabricar un producto de calidad, a tiempo y al menor costo posible, con una mínima inversión de capital y una máxima satisfacción del empleado. Por su parte, el gerente de control de la producción se interesa principalmente en el establecimiento y mantenimiento de programas de producción con la debida consideración de las necesidades del cliente y de la economía favorable que se obtiene mediante una programación cuidadosa. La principal preocupación del gerente de mantenimiento es minimizar los tiempos muertos debidos a fallas y reparaciones no programadas.¹

El mejoramiento continuo es una de las principales filosofías que las empresas hoy en día están implementando, dado el cambio constante en el entorno a nivel competitivo en todo mercado, cada vez se ofrecen mejores productos a mejores precios. Es por eso que si no se busca el aprovechamiento de herramientas y metodologías para volver a una compañía cada vez más competitiva, en cualquier

¹ FREIVALDS, Andris, W. NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Duodécima edición, Mc Graw Hill, p 1-2.

tipo de mercado, seguramente el ciclo de vida de esta compañía va a tender a ser corto.

La empresa Materiales Industriales S.A de la Organización Corona se encuentra actualmente enfrentada a problemas en el área de producción tales como la ineficiencia en algunos puestos trabajo que hacen de estos cuellos de botella en el proceso (expresados por el Gerente y jefe de producción de la planta en entrevista); por ello la necesidad de un estudio con el fin de mejorar la eficiencia en cada puesto de trabajo con la definición de mejores estándares de producción estudiando métodos de trabajo y tiempos perdidos en el proceso de producción de ladrillos prensados y especialidades refractarias, principalmente.

La implementación de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) que actualmente se realiza en la planta es una oportunidad para que este estudio sea tenido en cuenta por parte de la gerencia de la planta. El diseño una propuesta permitirá dar una directriz a la empresa, principalmente al área de producción, para que pueda brindar soluciones a los problemas que se evidencian en la planta.

Se decidió trabajar con la metodología DMAIC ya que esta es la utilizada por la organización para el mejoramiento continuo. Dicha metodología está acompañada de herramientas para cada una de sus etapas como diagramas de Pareto, causa-efecto, histogramas, entre otras. Para facilitar toma de decisiones y llegar a dar propuestas adecuadas.

5. ALCANCES Y LIMITACIONES.

ALCANCES

El presente estudio se realizará en la planta de producción de Sogamoso de la empresa Materiales Industriales S.A de la organización Corona, enfocado al área de producción de la misma que inicia desde la preparación de materias primas (Extrusión , trituración y molienda) hasta empaque y embalaje de producto terminado.

Se realizará un estudio para la mejora de estándares del proceso productivo en la empresa materiales industriales S.A de la organización corona en las línea de ladrillo refractario prensado y especialidades refractarias tomando como referencia los productos más representativos a nivel de producción (ver anexo 1).

LIMITACIONES

En este proyecto no se hará implementación de las mejoras propuestas. No se tendrán en cuenta las demás líneas de producción como ladrillo extruido y vaciado; ni se tendrá en cuenta otras plantas de la empresa.

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto se llevará cabo el análisis y medición de estándares de producción para la mejora de estos del proceso productivo en las línea de ladrillo prensado y especialidades refractarias en la empresa Materiales Industriales S.A de la organización Corona para lo cual se desarrollara una investigación de tipo: descriptivo, dado que presenta información detallada de las características y especificaciones involucradas en el proceso de producción. Exploratorio, ya que se realizaran entrevistas y reuniones, con la finalidad de familiarizarse con el proceso productivo, para precisar mejor la problemática a resolver. Y campo, dado que se está en contacto permanente con el área de producción, con el propósito de observar directamente el comportamiento del proceso de fabricación.

6.2. FUENTES DE INFORMACIÓN.

6.2.1. Fuentes primarias.

Medición en los puestos de trabajo, reuniones y dialogo con jefes y supervisores del área de Producción, mantenimiento y calidad y trabajadores de cada puesto de trabajo, Sistema de Información de la organización y bases de datos de la empresa.

6.2.2. Fuentes secundarias.

Registros Históricos, documentación técnica, Libros, revistas y artículos.

6.3. PROCESO METODOLÓGICO

Se decidió trabajar con la metodología DMAIC utilizada por la organización para el mejoramiento continuo. De esta manera:

Definir: Identificar y documentar el proceso actual de las líneas de producción que se estudiarán y los productos que se seleccionarán para el estudio por medio de entrevistas, observación directa, diagramas de Pareto, etc.

Medir: Revisión en cada puesto de trabajo de las diferentes líneas de producción de estándares e identificación de causas de tiempos perdidos en máquinas. Por medio de historiales de producción, registro de datos y entrevistas.

Analizar: Realizar un análisis de los datos obtenidos y del proceso, identificando causas y posibles mejoras por medio de diagramas de Pareto, causa-efecto, etc.

Mejorar: Desarrollo de metodología para la mejora de estándares de producción que contribuyan al incremento de la productividad y competitividad de la planta.

Controlar: Se hará control por medio de la definición de indicadores de productividad.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. MARCO CONCEPTUAL

MATERIALES REFRACTARIOS

Los refractarios son materiales, que en condiciones de servicio resisten elevadas temperaturas, erosión, abrasión, impacto, ataque químico, acción de gases corrosivos y otras experiencias no menos recias. Estos materiales se usan para el recubrimiento de hornos, hogares conductos chimeneas, etc.; eligiéndose alguno de los materiales existentes, según sean las condiciones reinantes en determinadas zona.

RAE:

Aquel cuerpo que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni descomponerse. Es decir, se considera como material refractario a todo aquel compuesto o elemento que es capaz de conservar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas a elevada temperatura.

UNE (150 R836-68):

Materiales refractarios son aquellos productos naturales o artificiales cuya refractariedad (Resistencia pirosfópica) es igual o superior a 1500 °C.

Resistencia pirosfópica: resistir esas temperaturas sin fundir o reblandecer.

La definición anterior solo hace referencia a las temperaturas mínimas que debe de ser capaz de resistir un refractario, sin tener en cuenta otro tipo de solicitudes o condiciones. Es importante precisar que la resistencia pirosfópica es una condición necesaria, pero no es suficiente para que una material sea considerado como refractario, ya que además debe conservar a dichas temperaturas elevadas una resistencia mecánica y/o una resistencia a la corrosión suficientes para el empleo a que se destine.

Definición tecnológica:

Todo material capaz de soportar a temperaturas elevadas durante un periodo de tiempo sin deterioro excesivo de sus propiedades físico químicas.²

² Tomado de <https://es.wikiversity.org/wiki/Refractarios>

Clasificación de los refractarios según su característica química

- I. **ÁCIDOS:** son aquellos que no son atacados por compuestos ácidos, son fabricados por materias primas sílico–aluminosas.
- II. **BÁSICOS:** son aquellos que reaccionan con escorias ácidas. Su contenido se basa en magnesita, dolomita, y magnesita -cromo.
- III. **NEUTROS:** son relativamente inertes, tanto las escorias silíceas como calizas. En este grupo se incluyen los refractarios de carbón, alúmina (Al_2O_3), Cromita ($\text{FeO}, \text{Cr}_2\text{O}_3$) y Foresterita ($2\text{MgO}, \text{SiO}_2$)

Existiría un cuarto grupo que es el de los refractarios especiales que son materiales nuevos, o muy caros, por su proceso de fabricación como los de ZrO_2 y BeO y se destinan únicamente para fines de investigación y otros usos aislados, tales como energía atómica, o tecnología de turbinas de gas.

Clasificación de los refractarios según su proceso de fabricación

Se clasifican en dos tipos: Ladrillos y especialidades.

- I. Ladrillos (conformados).
 - Cocido convencional: en el caso de los refractarios sílico-luminosos durante la cocción se produce incipiente fusión de los compuestos formados por los óxidos constituyentes e impurezas, formando de este manera una matriz soporte que es que le da la rigidez al ladrillo.
 - Cocido liga directa: en el caso de los refractarios de magnesia, se comprobó que con un contenido muy bajo de impurezas a alta temperatura (aprox. 1800°C), se unían los cristales de Periclasa (MgO) directamente, sin la matriz soporte o siendo ella muy reducida (según el contenido de impurezas).
 - Cocido e impregnado: la impregnación ejerce sobre el ladrillo una función protectora contra el ataque de las escorias. Cuanto más poroso sea el ladrillo, posee una mayor superficie expuesta a la corrosión de la misma. De esta manera se introduce carbono, el cual frente a la acción del FeO de la escoria produce CO , depositándose el Fe que no ataca al refractario. El ladrillo es

expuesto al vacío, se inyecta el alquitrán que penetra en los poros por diferencia de presión. Se impregnan los refractarios básicos, lográndose una importante resistencia al impacto (por ejemplo carga de chatarra).

- Químicamente ligado: No tiene cocción previa. Lo que se hace es la calcinación de las materias primas. En el pastón formado se agrega un elemento químico que produce a través de reacciones químicas la ligazón entre los granos, lográndose la resistencia necesaria para ser transportado, instalado y soportar el peso propio de la instalación. Al evitarse la cocción se obtiene una importante reducción en el costo.
- Ligado con alquitrán: La ligazón de las materias primas se logra con la adición de un alquitrán bituminoso y posterior prensado.
- Templado: Al ladrillo ligado con alquitrán se lo somete a un calentamiento a baja temperatura (400 a 500 ° C) a fin de lograr la deposición del carbono y obtener la resistencia necesaria.
- Electrofundidos: Mediante un electrodo se funden las materias primas llevándolas al estado líquido y luego se las vierte en un molde. El horno no tiene paredes, la misma materia prima sirve de contención y se funde en zonas aledañas al electrodo. Una vez colado el lingote, se corta con sierras abrasivas.
- Aislantes: Con los materiales se trata de reducir el flujo calórico por convección, conducción y radiación.

II. Especialidades (no conformados).

- Tierra refractaria: Mezcla de dos o más materias primas al estado natural sin haber sufrido proceso de calcinación. Solo han sido sometidas a trituración, molienda y clasificación de tamaños (dosificación). Al ser aplicada no desarrolla ningún tipo de resistencia mecánica. Se la utiliza para sellar imperfecciones de ladrillos.
- Argamasa: La única diferencia que tiene con la tierra refractaria, es que parte de las materias primas que la constituyen son previamente calcinadas.
- Mortero: Producto construido por la mezcla de argamasa con un elemento ligante, que puede ser un cemento alumino-cálcico, que en presencia de agua le confiere a la mezcla una resistencia mecánica a temperatura ambiente. Se lo utiliza como elemento ligante entre piezas conformadas de material refractario.

- Hormigón: Por medio de una granulometría más grande y un aglomerante de propiedades hidráulicas adecuado, se pueden colar piezas monolíticas o premoldeadas de forma tal que reemplacen a un número importante de ladrillos.
- Plástico: Es una mezcla de materias primas calcinadas, crudas (arcillas muy plásticas) y agua. Pueden ser de endurecimiento al aire o al fuego. En servicio adquiere una menor resistencia mecánica que el hormigón, pero es más poroso lo que lo hace un mejor aislante.
- Masa para proyectar: Es una masa refractaria húmeda que se aplica mediante una máquina de proyección y queda adherida por impacto. Es importante tener en cuenta el contenido de humedad, pues si es poca la proyección resulta pulverulenta, si es mucha chorrea el material. Otro factor a determinar es el índice de rebote, que refleja el material no adherido y que no debe ser superior al 5% del total.
- Masa para apisonar: Material refractario que se aplica en seco, mediante repetidos golpes de una herramienta mecánica. De esta manera se logra una elevada densidad lo que implica una mayor resistencia a la abrasión.
- Hormigón tixotrópico: También llamado hormigón denso o de bajo cemento. Es un producto constituido fundamentalmente por materias primas precalcinadas e inertes que conforman un espectro de mezcla de diferentes tamaños, de manera tal de disminuir al máximo los espacios vacíos entre granos; un aglomerante de fragüe hidráulico; y aditivos especiales que le confieren características lubricantes y fluidificantes.³

Aplicaciones.

Industrias no metalúrgicas.

- Instalaciones de calderas-instalaciones de centrales térmicas.
- Industria para elaboración del carbón, cracks, hydración.
- Industria cerámica y de esmaltación.
- Industria de Vidrio.
- Industria del Cemento.
- Industrias de mezclas alcalinas.
- Industria de materias orgánicas (petróleo, petroquímicas, caucho, sintéticos, etc.)
- Industria de ácidos inorgánicos y sus derivados.

³MATERIALES REFRACTARIOS, Tomado de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/19_Apunte%20Refractarios.pdf

- Industria farmacéutica.

Industria metalúrgica.

- Preparación de arrabios.
- Producción de acero.
- Fundición de Hierro.
- Protección y fundición de metales no férricos.⁴

ESTÁNDAR DE TIEMPO: es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las siguientes 3 condiciones: Un operador bien calificado y capacitado, que trabaja a una velocidad o ritmo normal y hace un área específica.⁵

DMAIC: es un acrónimo (por sus siglas en inglés: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta de la metodología Seis Sigma, enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.

DMAIC (Lean Six Sigma) es también un sistema de gestión que da como resultado una serie de proyectos que están listos para su mejora. Hay obstáculos para suavizar las operaciones en cualquier negocio y Lean Six Sigma proporciona directrices para ayudarle a seleccionar los proyectos adecuados en el momento adecuado. Una vez seleccionados los proyectos, usted y su equipo de mejora (s) puede utilizar DMAIC para refinar aún más los proyectos y entregar resultados cuantificables y sostenibles.⁶

INDICADOR: Herramientas para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos, son medidas verificables de cambio o resultado diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar el progreso con respecto a metas establecidas, facilitan el reparto de insumos, produciendo productos y alcanzando objetivos.⁷

LEAN MANUFACTURING: Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de

⁴ Leccion1. Refractarios, Introducción. Tomado de

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.Refractarios.Introduccion.pdf>

⁵ MEYERS, Fred E. Estudio de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Segunda Edición. Pearson Education. P 39.

⁶ DMAIC The 5 Phases of Lean Six Sigma www.GoLeanSixSigma.com

⁷ ONU, Integrated and coordinated implementation and follow-up of major. United Nations conferences and summits. Nueva York, Estados Unidos de América, 10 y 11 de mayo de 1999, p. 18.

producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios..⁸

TPM: (*Total Productive Maintenance*) Es un proceso socio-técnico que se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles a operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.⁹

DIAGRAMA DE PARETO: El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO: El Diagrama Causa-Efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), o diagrama de Espina de Pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.¹⁰

7.2. MARCO TEÓRICO

La organización se basa en LEAN MANUFACTURING su enfoque es la eliminación del desperdicio en cada área de producción incluyendo desde las relaciones con los clientes hasta la terminación del producto final, pasando por toda la cadena de suministros y la administración de la planta. Otro objetivo es reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto terminado.

Lo que no genera valor es “desperdicio”:

- Sobreproducción

⁸ LEAN MANUFACTURING, Conceptos, Técnicas e Implantación. ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

⁹ <https://cfsbusiness.files.wordpress.com/2011/10/tpm1.pdf>

¹⁰ MARTÍNEZ, MATIAS. Diagramas Causa – Efecto, Pareto y Flujogramas. UNIVERSIDAD ALEJANDRO DE HUMBOLDT. PLAN DE LA PRODUCCION Y CONTROL DE LA CALIDAD

- Tiempos de espera
- Transportes innecesarios
- Procesos innecesarios
- Excesos de Inventarios
- Exceso de Movimientos
- Defectos
- Potencial humano subutilizado

ANÁLISIS DEL PROCESO

Para la definición y selección de productos y referencias se va a hacer un análisis del proceso, el análisis de los procesos es una habilidad básica necesaria para comprender cómo opera un negocio. El trazo de un diagrama de flujo, que muestre el flujo de los materiales o la información en la empresa, ofrece muchos datos. Es conveniente clasificar los procesos de modo que describa cómo está diseñado un proceso. Cuando es posible clasificar rápidamente un proceso, es fácil mostrar las similitudes y las diferencias que existen entre procesos.

ESTUDIO DEL TRABAJO

Para la etapa de medición en las líneas de producción a los productos que se seleccionarán se puede efectuar un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta los criterios elegidos y a las especificaciones originales. Lo cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos del trabajo.¹¹

Objetivos

- i. Mejorar los procesos y procedimientos.
- ii. Mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo.
- iii. Economizar esfuerzo humano y reducir fatiga innecesaria.
- iv. Economizar el uso de materiales y mano de obra.
- v. Aumentar la seguridad.
- vi. Crear mejores condiciones de trabajo.
- vii. Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo.

Procedimiento

- i. Seleccionar el trabajo que debe mejorarse.
- ii. Registrar los detalles de trabajo.

¹¹ GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del Trabajo. Segunda Edición. Mc Graw Hill. P 33.

- iii. Analizar los detalles del trabajo.
- iv. Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
- v. Adiestrar a los operarios en el nuevo método de trabajo.
- vi. Aplicar el nuevo método de trabajo.¹²

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE UN PROCESO.

Los procesos críticos están sujetos a la conocida regla que dice que el tiempo es oro. Por ejemplo, cuanto más tiempo espere un cliente, tanto más probable será que opte por acudir a otro lugar. Cuanto más tiempo se tenga material en inventario, tanto más alto será el costo de la inversión.

Por desgracia, los procesos críticos suelen depender de recursos limitados específicos y ello da por resultado los cuellos de botella. El tiempo de procesamiento en ocasiones se puede disminuir sin comprar equipamiento adicional. Algunas sugerencias para reducir el tiempo de ejecución de un proceso que no requiere que se compre nuevo equipamiento.

- Desempeñe actividades de forma paralela.
- Cambie la secuencia de las actividades.
- Disminuya interrupciones.¹³

ESTÁNDAR DE TIEMPO

El estándar de tiempo es uno de los elementos de información de mayor importancia en el departamento de manufactura. Con el que se dan respuestas a los siguientes problemas:

1. Determinar el número de máquinas que hay que adquirir.
2. Determinar el número de personas de producción que hay que contratar.
3. Determinar los costos de manufactura y los precios de venta.
4. Programar máquinas, operaciones y personas para hacer el trabajo y entregarlo a tiempo, usando menos inventario.

¹² GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del Trabajo. Segunda Edición. Mc Graw Hill. P 35-36.

¹³ NICHOLAS J. AQUILANO, RICHARD B. CHASE, F. ROBERT JACOBS. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros. Duodécima edición, Mc Graw Hill

5. Determinar el balanceo de las líneas de ensamble, la velocidad de la banda transportadora, cargar las celdas de trabajo con la cantidad adecuada de trabajo y equilibrarlas.
6. Determinar el rendimiento de los trabajadores e identificar las operaciones que tiene problemas, para ser corregidas.
7. Pagar incentivos por rendimiento extraordinario por equipo o individual.
8. Evaluar las ideas de reducción de costos y escoger el método más económico con base en un análisis de costos y no en opiniones.
9. Evaluar las nuevas adquisiciones de equipo a fin de justificar su gasto.
10. Elaborar presupuestos del personal de operación para medir el rendimiento de la gerencia.¹⁴

Técnicas de los estándares de tiempo

El analista tiene varias técnicas para establecer un estándar.

- Estudio con Cronometro
- Muestreo del trabajo
- Datos estándares
- Datos históricos y opinión experta¹⁵

El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determinar el denominado tiempo tipo o tiempo estándar, entendiendo como tal, el que necesita un trabajador calificado para ejecutar la tarea a medir, según un método definido. Este tiempo tipo, (TP), comprende no sólo el necesario para ejecutar la tarea a un ritmo normal, sino además, las interrupciones de trabajo que precisa el operario para recuperarse de la fatiga que le proporciona su realización y para sus necesidades personales.

- El tiempo observado (TO) Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada. (No se cuentan los paros realizados por el productor, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo).
- El factor de ritmo (FR). Este nuevo concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TO, motivadas por existir operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea. El coeficiente

¹⁴ MEYERS, Fred E. Estudio de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Segunda Edición. Pearson Education. P 22.

¹⁵ ESPINOSA F, Fernando. Apunte sobre Métodos y Tiempos. Universidad de Talca Facultad de Ingeniería.

corrector, FR, queda calculado al comparar el ritmo de trabajo desarrollado por el productor que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal, y conocedor de dicha tarea.

- El tiempo normal (TN). Es el TO que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo «normal», emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio.

Su valor se determina al multiplicar TO por FR:

$$TN = TO \times FR = Cte.$$

Y debe ser constante, por ser independiente del ritmo de trabajo que se ha empleado en su ejecución.

- Los suplementos de trabajo (K). Como el operario no puede estar trabajando todo el tiempo de presencia en el taller, por ser humano, es preciso que realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo y para atender sus necesidades personales. Estos períodos de inactividad, calculados según un K% del TN se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea.

En la realidad, esos períodos de inactividad se producen cuando el operario lo desea.

$$\text{Suplementos} = TN \times K = TO \times FR \times K$$

- El tiempo tipo (TP) Según la definición anteriormente establecida, el tiempo tipo está formado por dos sumandos: el tiempo normal y los suplementos. Es decir, es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado y conocedor de la tarea, la realice a ritmo normal más los suplementos de interrupción necesarios, para que el citado operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales.¹⁶

¹⁶ ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO tomado de <http://www.gestiopolis.com/estudio-de-los-tiempos-de-trabajo/>

INDICADORES TPM

El TPM se orienta a crear un sistema de gestión que maximice la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Por esto los indicadores de eficacia TPM se clasifican en 6 tipos:

- Indicadores de gestión (reducción de costos, reducción de stocks, eficiencia de inversiones en equipo, etc.)
- Indicadores de eficacia de la planta (disponibilidad, tasa de rendimiento, tasa de calidad, eficacia global de los equipos, etc.)
- Indicadores de calidad y ahorro de energía (tasa de defectos de proceso, costo de defectos de proceso, número de reclamaciones, consumo de electricidad, consumo de gas, etc.)
- Indicadores de mantenimiento (frecuencia de fallos, costos de paradas debidas a fallos, reducción de paradas para mantenimiento)
- Indicadores de salud, seguridad y entorno (frecuencia de accidentes, número de accidentes e incidentes, etc.)
- Indicadores de formación y clima laboral (número de sugerencias de mejora, tiempo invertido en capacitación, etc.)¹⁷

¹⁷ MORALES ZAMORA, Juan Francisco, Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación de TPM en Chile. Tomado http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.6%20indicadores%20TPM.pdf

8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

En la empresa se producen solamente refractarios ácidos y estos se dividen principalmente en 2 líneas de producción, ladrillo prensado y especialidades Refractarias.

ETAPA	LINEA DE PRODUCCIÓN	
	LADRILLO PRENSADO	ESPECIALIDADES
PREPARACION DE MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> Almacenaje de Materias primas en ramadas (Chamotes, Arcillas, Bauxitas). Extrusión y secado de bloques de Arcillas Trituración de Materias Primas a granel dura y gruesa en trituradora de mandíbulas. Molienda de Chamotes y Bauxitas a granos 0-3 y 3-5 mm de diámetro en equipo ASTECNIA. Molienda de Chamotes y Bauxitas a finos en equipo ANIVI (molino de bolas). Molienda de bloques de Arcilla en equipo TEUTONIA. Almacenamiento en Silos de materia Prima. 	
BASCULACION Y MEZCLADO	<ul style="list-style-type: none"> Basculación para medir y cargar las cantidades exactas para cada mezcla según la fórmula. Mezclado de granos, finos y aditivos según la fórmula de calidad. Distribución de la mezcla a tolvas de prensas para la línea de ladrillo y a tolvas de empacadora y ensacadora para la línea de especialidades. 	
PRENSADO	<ul style="list-style-type: none"> Prensado de la mezcla en prensas mecánicas e hidráulicas. Embalaje en estiba para secado al ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> No aplica.
CARGA Y DESCARGA	<ul style="list-style-type: none"> Carga y descarga de ladrillos formados para secado y quema en carros. 	<ul style="list-style-type: none"> No aplica.
SECADO Y QUEMA	<ul style="list-style-type: none"> Secado al ambiente y en el área secador Rotatorio de Gas Natural. Quema en el Horno BICKLEY. 	<ul style="list-style-type: none"> No aplica.
EMPAQUE Y EMBALAJE	<ul style="list-style-type: none"> Embalaje en estibas. Con Stretch, con robot "Leonardo", y en cartónship, manual. 	<ul style="list-style-type: none"> Empacado en ensacadora para CBC, mortero universal y otros; con maquina empacadora para concretos y morteros secos; en canecas para morteros húmedos y masas plásticas Embalaje en estibas (sacos) y guacales (canecas). Forrado con stretch por robot.

Tabla 1. Proceso productivo

8.1. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ERECOs.

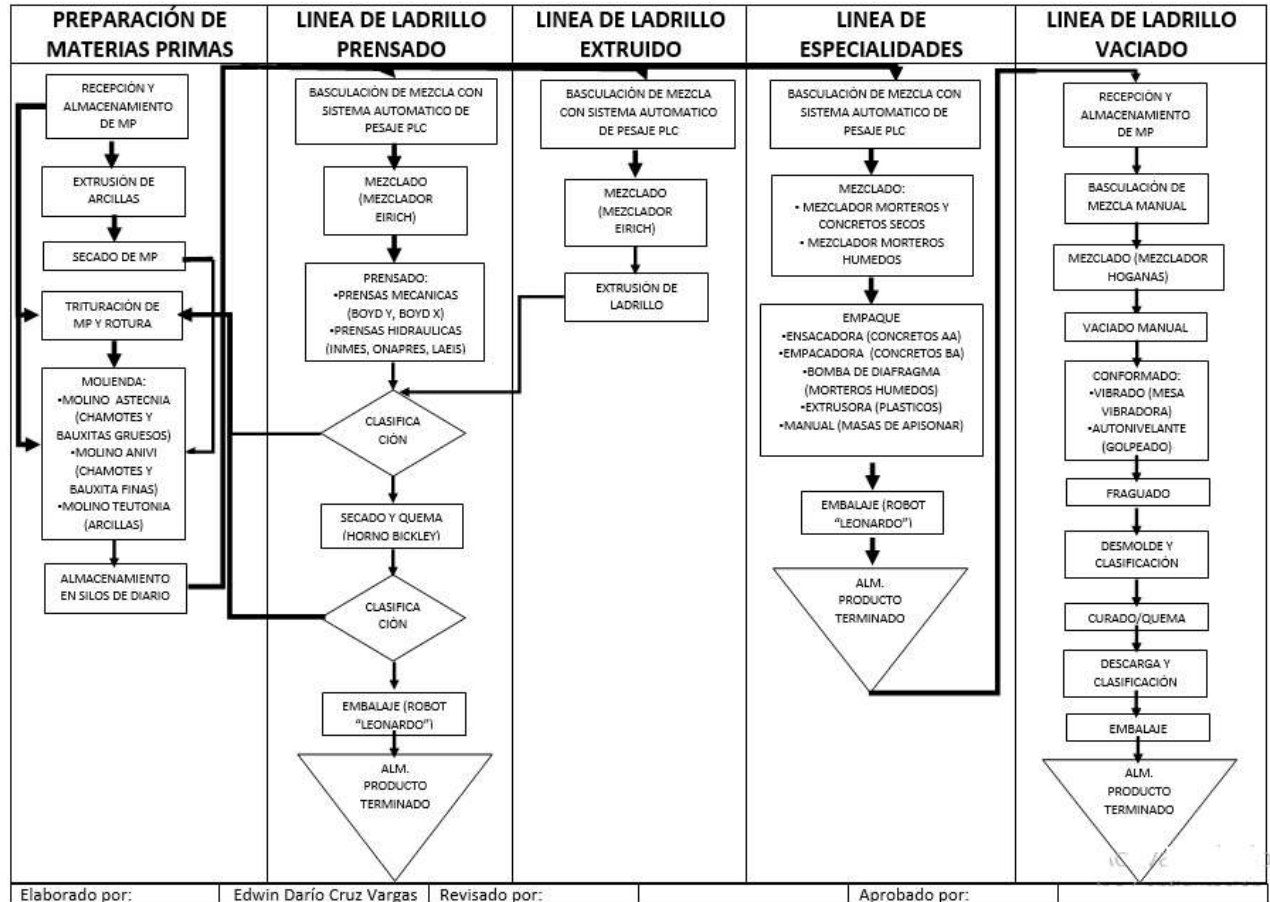


Diagrama 2. Flujograma de fabricación

8.2. ESTACIONES DE TRABAJO.

8.2.1. Preparación de Materias Primas

Las materias primas utilizadas en la empresa se pueden clasificar en 2 categorías básicamente:

1. Materias primas a granel.

- Arcillas: se identifican principalmente como, arcilla Rionegro, arcilla arcabuco, arcilla Milagrosa y arcilla Caomín

- Chamotes: es la arcilla que fue extruida ya sea en espagueti o en bloques y posteriormente calcinada
- Bauxitas: es un material importando desde China y Guyana principalmente y que se utiliza en productos de alta calidad por su alto contenido de alúmina (Al_2O_3).



Ilustración 1. Ramadas de materias primas a granel

2. Materias primas empacadas.

En este grupo se incluyen materias primas como las sílices, bentonita, cementos, cal y otros aditivos que se utilizan para darle ciertas características a los productos.

8.2.1.1. Extrusión.

Proceso de homogenización y compactación de las arcillas, el equipo utilizado es:

- Tolva de almacenamiento, con capacidad de 6 toneladas aproximadamente.
- Desmenuzador, desintegra los terrones más grandes y permite el paso a la banda que alimenta la extrusora
- Extrusora J.C Stelee provista de una cámara de homogenización que tiene un eje con paletas para empujar el material; una cámara de vacío con caracol

partido y dos peines con sus portadientes y una cámara de extrusión con 8 caracoles cónicos montados sobre un eje escalonado.

- Boquilla, la que le da la forma al bloque
- Cortadora, para cortar y darle el tamaño deseado a los bloques; puede ser: multialambre, neumática, mecánica.



Ilustración 2. Extrusora JC Steele y Arcilla Rionegro Extruida

Para el secado de arcillas se emplea tanto el secado natural como el forzado. En el secado natural los bloques perforados de arcillas se arruman en estibas de 72 unidades y se dejan al ambiente, hasta que adquieran compactación y dureza, para proceder a su molienda con máximo de 8% de humedad. En el caso del secado forzado se aprovecha el calor irradiado por el Horno Bickley; para ello se colocan alrededor estibas con bloques de arcilla, que se dejan allí hasta obtener una humedad máxima de 8%.

8.2.1.2. Trituración y Molienda de Materias Primas.

Este procedimiento abarca desde que se retira de la ramada la materia prima a moler, hasta su molienda y almacenamiento en los silos correspondientes.

El objetivo del proceso es proporcionar materias primas molidas en granos y finos al proceso con características granulométricas, de humedad específicas para cada producto. Se utilizan equipos destinados para reducir el tamaño de los materiales por medio de la acción de impacto y fricción. Pueden distinguirse varios tipos de molinos, según sea el grado de reducción de tamaño y el tipo de material. Por ejemplo: trituradoras de mandíbula para moliendas primarias, trituradoras de cono

para moliendas secundarias y terciarias, molinos de bolas para la obtención de finos y molinos de disco (para arcillas).

La Trituradora de mandíbulas se emplea para triturar los materiales duros como chamote en bloques o la rotura en quema presentada durante la producción de ladrillos.



Ilustración 3. Trituradora de Mandíbulas

Según las necesidades de materias primas molidas se realiza la molienda, los materiales como Chamotes y bauxitas se procesan en el molino de conos “Astecnia” en granos y en molino de bolas “Anivi” en finos, y las arcillas ligantes se procesan en el molino de disco “Teutonia”.

8.2.2. Basculación.

Esta operación esta automatizada y es la etapa en donde se preparan las mezclas para ladrillos y especialidades. El equipo utilizado en esta etapa son: Silos donde se almacenan las materias Primas molidas y dos carros báscula Mapper de operación automática controlado por un PLC con 2000 kg de capacidad. Los carros se encuentran ubicados debajo de los silos. Según la fórmula del producto a fabricar el sistema de basculación reúne las cantidades necesarias de cada material para luego enviarlas a los mezcladores, para cada línea (ladrillos y especialidades) existe un carro basculador.



Ilustración 4. Carro Basculador automático

8.2.3. Línea ladrillo Prensado.

8.2.3.1. Mezclado.

La mezcla comprende básicamente 2 componentes: granos y finos que deben tener porcentajes específicos para que no presente defectos la mezcla, después de que la mezcla ha sido basculada según la fórmula específica a la calidad de un producto es depositada por la parte inferior del carro basculador al elevador de canchales donde es llevada al mezclador para la línea de ladrillos en donde se le agrega agua, aditivos y agregados como sílices, cementos, ácidos, etc. Para esta etapa se utiliza el Mezclador EIRICH con capacidad de 1500 kg. Trabaja con el principio de mezclado intensivo en contracorriente. Está compuesto por un plato mezclador, un sistema de herramientas de mezclado y sistema de turbulencia para agitar y ayudar al mezclado.

El tiempo de mezclado varía para cada mezcla según su calidad así:

CALIDAD	TIEMPO DE MEZCLADO (Minutos)
U-32	4 a 5
U-33	6 a 7
U-33 LF	6 a 7
ER-40	6 a 7
AQ-45 M	6 a 7
AQ-50	6 a 7
AQ-60	6 a 7
AL-50	6 a 7
B-60	6 a 7
B-70	7 a 8
B-80	7 a 8
B-85	5 a 6
ERMULCOR	5 a 6
ANTAC	5 a 6
TP	6 a 7
CTE	5 a 6

Tabla 2. Tiempo de Mezclado en mezclador Eirich.

La mezcla preparada se deposita por su parte inferior en un carro repartidor el cual distribuye la mezcla en las tolvas de almacenamiento de las diferentes prensas.

8.2.3.2. Prensado.

El objetivo de esta etapa es darle forma al producto mediante la fuerza mecánica, para crear ladrillos, placas, cuñas, arcos y otras formas especiales. Para este proceso se utilizan 5 prensas: las prensas Boyd X y Boyd Y son máquinas de 400 y 800 toneladas de accionamiento mecánico respectivamente, La prensa Laeis es automática, y las prensas hidráulicas INMES y ONAPRES. El ladrillo prensado (semielaborado) que se le denomina ladrillo en verde, se arruma en estibas y se lleva al área de secado al ambiente de producto en verde. El producto no conforme pasa a ser parte del grupo de rotura en verde y es reprocesado.



Ilustración 5. Prensas Boyd y Laeis

8.2.3.3. Carga y Descarga.

- Carga

Es la etapa del proceso en la que se acomodan los ladrillos prensados en los carros que entran al secadero y posteriormente al Horno Bickley, este proceso también está encargado de la inspección al 100% de los ladrillos con el fin de garantizar que el ladrillo posee el aspecto adecuado antes de su cargue, y así evitar que se presente producto no conforme por mal aspecto.

- Descarga.

Después de que los ladrillos salen del horno Bickley y se dejan enfriar se descargan de los carros y se acomodan en las estibas para su posterior embalaje, este proceso también está encargado de la inspección al 100% de los ladrillos con el fin de garantizar que el ladrillo posee el aspecto adecuado para producto terminado, evitando reproceso y reclasificación.



Ilustración 6. Área carga y descarga

Si el ladrillo, ya sea en verde o quemado, no cumple con las especificaciones, se apila en estibas para llevarlas al triturador de mandíbulas para su reproceso.

8.2.3.4. Secado y Quema.

En esta etapa se encuentran disponibles 16 carros de los cuales 4 permanecen en el horno, 4 en el secadero, 4 para cargar y 4 para descargar. Estos carros se transportan por rieles alrededor del secadero y el Horno.

El secadero es un área de secado forzado en el que se aprovecha el calor irradiado por el Horno Bickley para secado de ladrillos prensados, extruidos (CTE) y arcillas extruidas. Tiene capacidad para cuatro carros que están cargados con ladrillo prensado y 18 estibas de ladrillo CTE o arcillas Extruidas.

El Ladrillo prensado y CTE entra al horno, este horno trabaja por baches de producto y su ciclo de quema va de “frio a frio” son hornos bastante flexibles en su operación ya que permiten cambios rápidos de referencia de productos en las quemas. Es un horno periódico de tiro invertido, es decir, la dirección que siguen los gases en el interior de la cámara es descendente.

Alta Alúmina	55 toneladas
Baja Alúmina	45 toneladas
Alta Quema	45 toneladas

Tabla 3. Capacidad del horno Bickley

El Horno utiliza gas natural como combustible, el cual es suministrado por red.



Ilustración 7. Horno Bickley y Secadero.

8.2.3.5. Empaque y embalaje.

El proceso de Packing que se realiza a las diferentes referencias de ladrillo sin importar la cantidad y peso de cada referencia conserva siempre un tamaño del empaque para mantener un embalaje estándar, para ladrillos estándar se apila en una estiba 6 tendidos de 76 unidades cada uno, se envuelven en una caja de cartón en las partes laterales y superior, se aseguran con zunchos metálicos, y se envuelve en bolsa termoencogible o en otros casos con "Leonardo", un robot que lo envuelve con stretch.



Ilustración 8. Empaque y embalaje de ladrillo prensado

8.2.4. Línea especialidades.

8.2.4.1. Mezclado.

La mezcla es depositada por la parte inferior del carro basculador al elevador de canjilones el cual la distribuye a las tolvas de almacenamiento de los 2 mezcladores de la línea de especialidades refractarias en donde se le agregan aditivos y otros agregados. Para la preparación de concretos, morteros secos y masas de apisonar se utiliza el mezclador RotoMixer con capacidad máxima de 1500 Kg, el mezclador de morteros húmedos con capacidad de 500 Kg.

La mezcla preparada en el RotoMixer se distribuye a las tolvas de almacenamiento para empacadora y ensacadora según se requiera y la mezcla preparada en el mezclador de morteros húmedos es enviada a la bomba de diafragma para el empaque de morteros húmedos.

ESPECIALIDAD	TIEMPO DE MEZCLADO (Minutos)
Concretos y Morteros Secos	12 a 15
Morteros Húmedos	15 a 20
Masas de Apisonar	4 a 5
Plásticos Refractarios	4 a 5

Tabla 4. Tiempo de mezclado de Especialidades

Si el material preparado cumple con las especificaciones, se continua preparando y empacando, sino se reprocesa dicho material y se efectúan los ajustes correspondientes al defecto.



Ilustración 9. Mezclador RotoMixer

8.2.4.2. Empaque y embalaje.

EMPAQUE

- Proceso de empaque de concretos y morteros secos:

La empacadora es un equipo que se utiliza para el empaque de los diferentes concretos, morteros, chamotes granulados y arcillas, que se comercializan en la empresa, empacados en sacos de papel con el sistema de válvula para llenado. El sistema está compuesto por una tolva que entrega el material a la cámara de la empacadora mediante un sistema de gato neumático, que deja pasar la cantidad de material igual a la del peso de un bulto. Una vez que se tiene el saco lleno se

confirma el peso en la balanza electrónica y se lleva a la estiba para su posterior embalaje.

La ensacadora se emplea para empacar concretos de bajo cemento, en sacos abiertos, esta se alimenta de una tolva en la cual se dosifica el material que llena el saco, con la cantidad predeterminada del concreto, se suelta el saco a una banda que lo transporta hasta la cosedora donde se cierra de manera manual y posteriormente se arruma en estibas para su embalaje.

- Proceso de empaque morteros húmedos

La bomba de diafragma se utiliza para el empaque de morteros húmedos, se emplean canecas plásticas impresas con el nombre respectivo, logotipo y peso neto, primero se pesa la caneca y sin tapa en la báscula electrónica y se tara. Luego se van llenando las canecas empleando la bomba de succión, mientras que el ayudante va pesando las canecas llenas y si es necesario ajusta el peso. Las canecas se estiban para su posterior embalaje. Este proceso es totalmente manual.

EMBALAJE

- Proceso de embalaje de concretos y morteros secos:

El material seco se apila en la estiba en 8 tendidos de 8 bultos por tendido para bultos de 25 kg (1600 kg por estiba), se envuelve en una bolsa termoencogible la cual se expone al calor para que se adhiera a la parte inferior de la estiba y dos lados de la parte superior o en otros casos con “Leonardo”, un robot que lo envuelve con stretch.



Ilustración 10. Empaque y embalaje de especialidades refractarias secas

- Proceso de embalaje morteros húmedos



Ilustración 11. Embalaje y empaque de morteros húmedos

Las canecas de 35 kg cada una son dispuestas en una estiba de dos tendidos con 11 canecas por tendido y se envuelven en un guacal y se aseguran con zunchos metálicos

8.3. Catálogo de Productos.



Diagrama 3. Catálogo de productos

9. IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE CAUSAS DE TIEMPOS PERDIDOS.

Para esta etapa del proyecto se definen los puestos de trabajo para los cuales el principal objetivo es calcular e identificar: capacidades, causas de tiempos perdidos y disponibilidad de cada una de estos; además se escogen las herramientas de recolección, identificación y análisis de datos que suministra el área de producción de Materiales Industriales S.A. Dado que no todas los puestos de trabajo registran esta información requerida se definen como puestos de trabajo en esta etapa los siguientes:

Área de preparación de materias primas

- Trituración
- Extrusión
- Molienda

Línea de ladrillo prensado

- Basculación y Mezclado
- Prensado
- Secado y Quema

Línea de especialidades

- Basculación y Mezclado
- Empaque

Para cada puesto de trabajo se realiza el mismo proceso con las siguientes herramientas:

Etapa	Herramienta
I. Cálculo de capacidades.	Capacidad de Proceso
II. Identificación causas de tiempos perdidos.	Diagrama de Pareto
III. Cálculo disponibilidad.	Disponibilidad de Proceso
IV. Análisis de tiempos perdidos.	Diagrama Causa-Efecto

9.1. CÁLCULO CAPACIDADES.

Para determinar la capacidad en cada estación de trabajo se definen primero los siguientes conceptos:

Capacidad Teórica (CT): se determina la capacidad teórica como el tiempo total disponible en calendario, por ejemplo, todos los días del mes de Enero por 24 horas por día es la capacidad teórica para el mes Enero.

Ej: CT (Enero-2015) = 31 días X 24 Horas = 744 Horas

Capacidad Instalada (CI): Se determina la capacidad instalada como el tiempo total que la empresa dispone para programar un equipo o puesto de trabajo en la cantidad de días hábiles determinados por esta, es decir, si la empresa puede programar un máximo de 2 turnos de 8 horas cada uno de lunes a sábado sin domingos ni festivos, entonces:

Ej: CI (Enero-2015) = 25 días X 16 Horas = 400 Horas

Capacidad Utilizada (CU): Se determina la capacidad utilizada como la cantidad de tiempo real que un equipo o puesto de trabajo es programado para trabajar, es decir, la empresa puede utilizar hasta su capacidad instalada, por ejemplo la empresa tiene una capacidad instalada de 16 horas diarias y utiliza solamente 8.

Ej: CU (Enero-2015) = 25 días X 8 Horas = 200 horas

Después de definidos los conceptos anteriores se calculan estos para cada puesto de trabajo y se calcula la distribución de las capacidades con los siguientes conceptos:

$$CU < CI < CT$$

$$CI = CU + CNU$$

$$CU = TT + TP$$

CNU: Capacidad no Utilizada.

TT: Tiempo Trabajado

TP: Tiempo Perdido

Después de calculados las distribuciones de la capacidad Instalada y la capacidad utilizada para cada puesto de trabajo se exponen de manera porcentual en una gráfica, por ejemplo la distribución en el puesto de trabajo de Extrusión es:

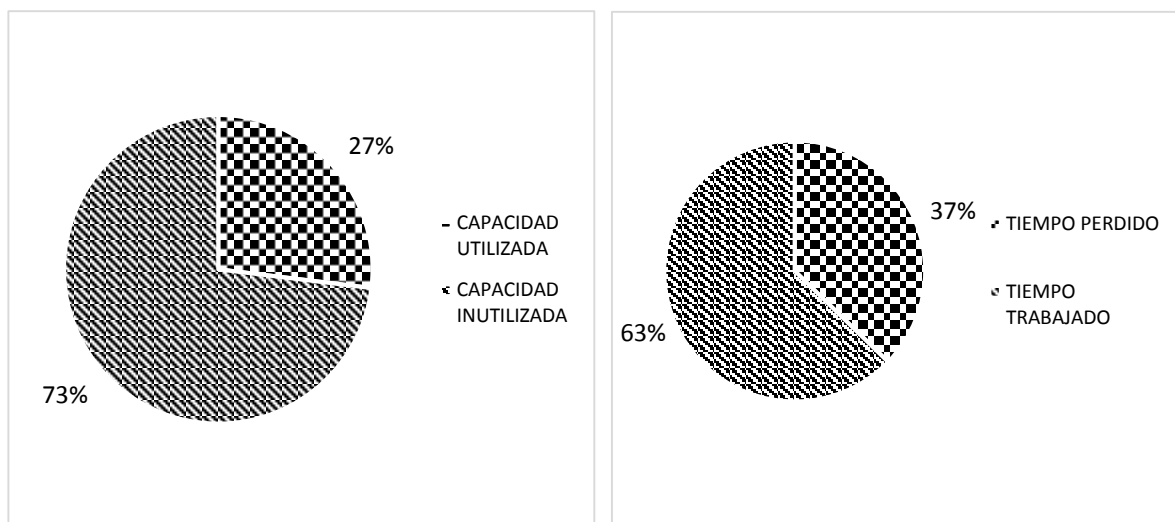


Diagrama 4. (Izq.) Distribución de la capacidad Instalada (Der) Distribución de la Capacidad Utilizada del puesto de trabajo de Extrusión en el año 2015.

Estos cálculos se hicieron para los puestos de trabajo definidos al comienzo y se proporcionaron estos datos al gerente y jefe de manufactura dando así una información inicial para el estudio.

9.2. IDENTIFICACIÓN DE TIEMPOS PERDIDOS.

Determinada la capacidad utilizada en cada uno de los puestos de trabajo y calculada la distribución de esta, se pudieron determinar los porcentajes de tiempo que perdía en promedio un puesto de trabajo por diferentes aspectos, por ejemplo el tiempo perdido en el puesto de trabajo de extrusión es del 37%(ver grafica 1) de la capacidad utilizada o el tiempo que el equipo estuvo programado para trabajar.

Al tener los datos históricos de paradas se identificaron las causas del tiempo perdido en cada puesto de trabajo y a los cuales se las distribuyo por medio del diagrama de Pareto y así poder identificar cuales paradas o causas de tiempos perdidos eran las más trascendentales o requerían de mayor análisis en este proyecto. Para el caso del puesto de trabajo e extrusión de identificaron las siguientes causas:

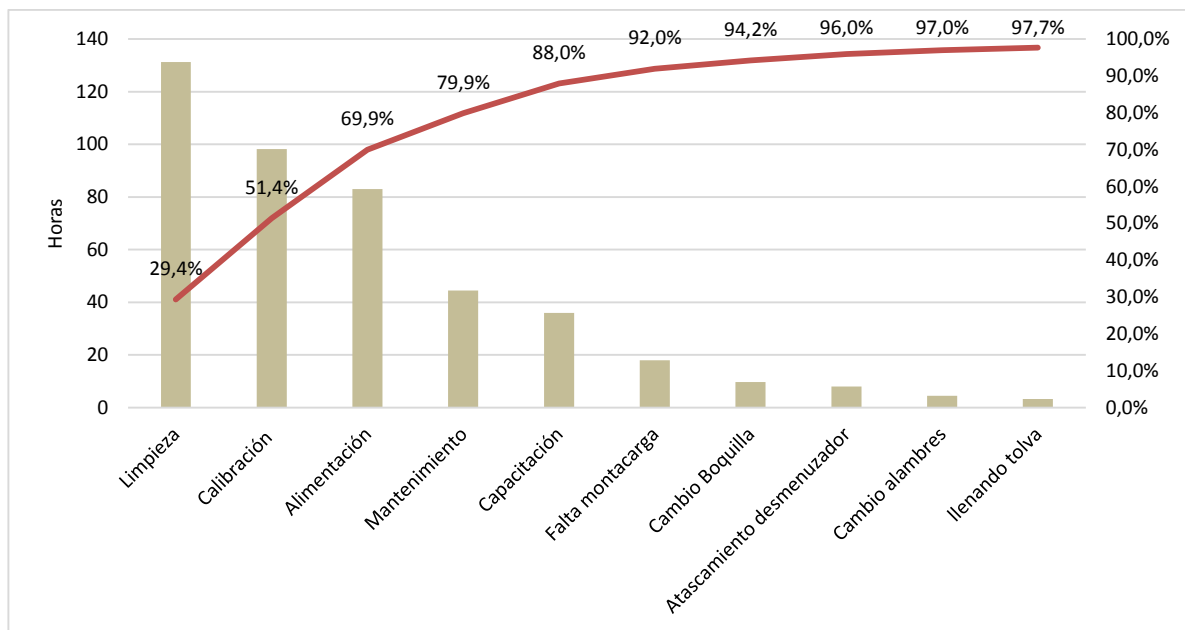


Diagrama 5. Pareto de las causas de tiempos perdidos en extrusión en el año 2015.

Determinadas las causas principales de paradas de los puestos de trabajo se filtra el estudio hacia estas causas para su análisis y estudio posterior.

9.3. CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD.

El cálculo de la disponibilidad del equipo o puesto de trabajo fue exigido por el jefe del área de producción para dar información a la organización de cómo se encuentra la planta para la apertura o no hacia nuevos mercados, la expansión del catálogo de productos y apertura nuevas líneas de producción. Y determinados los tiempos perdidos en cada puesto de trabajo se calculó el porcentaje de disponibilidad y para ellos se define que la disponibilidad “es un porcentaje de tiempo en que el equipo no funciona y no está disponible para producir, pero estaba programado para hacerlo.”¹⁸

$$Disponibilidad = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo perdido por paradas no programadas}}{\text{tiempo programado}}$$

Teniendo en cuenta este concepto se determinaron el tiempo perdido por paradas programadas y no programadas en cada puesto de trabajo con la aprobación del jefe del área de producción, para así calcular la disponibilidad del puesto de trabajo.

¹⁸ FORMACIÓN AVANZADA TPM PARA LÍDERES DE FÁBRICA, Apsoluti Group www.apsoluti.es

Por ejemplo para el puesto de trabajo de extrusión se determinó:

CAUSA	TP (HORAS)	PARADA PROGRAMADA
Calibración	98,25	NO
Limpieza máquina	95,75	NO
Aseo y organización patio	83,75	SI
Alimentación	83,00	SI
Capacitación	36	SI
Limpieza cámara de vacío	20,5	NO
Falta montacarga	18	SI
Homogenización	15	SI
Mantenimiento mecánico	13,5	NO
Limpieza boquilla	13	NO
Cambio Boquilla	9,75	NO
Atascamiento desmenuzador	8	NO
Recogiendo CTE	6,5	SI
Mto eléctrico	6,5	NO
Mto prensa estopa	6	NO
Mto cortadora	5,25	NO
Mto. Ajuste y cambio paletas	5	NO
Cambio alambres	4,5	NO
Llenando tolva	3,25	NO
Falta material	2,5	SI
Alistamiento	2,25	NO
Limpieza sinfín paletas	2	NO
Mto. Ajuste tacos	2	NO
Mto cordón grafitado	2	NO
Eucaristía	2	SI
Mto boquilla	1,5	NO
Falta energía	1	SI
Falta personal	1	NO
Mto por freno	1	NO
Mto válvulas de lubricación	1	NO
Falta de agua	1	SI
Mto. Acople de la banda final	0,75	NO
Tapando CTE	0,5	SI
Cambio prensa Estopa	0,5	NO
Pausa activas	0	SI
Purga CTE-Rionegro	0,5	NO

Tabla 5. Tiempo perdido por paradas en extrusión.

Definidos el tiempo perdido por paradas no programadas se calcula el porcentaje de distribución en cada puesto de trabajo, para el caso de extrusión su porcentaje de disponibilidad en el año 2015 fue del 84%.

9.4. ANALISIS TIEMPOS PERDIDOS.

Al haber identificado las causas de tiempos perdidos principales en cada puesto de trabajo se hizo un análisis para cada uno por medio del diagrama Causa-Efecto. Permitiendo a la gerencia saber dónde enfocar y canalizar sus esfuerzos. A continuación se presenta el diagrama causa-efecto para el puesto de trabajo de extrusión



Diagrama 6. Causa-Efecto en extrusión.

Se realiza el siguiente análisis para el área de preparación de materias primas:

- Cambio de materia prima muy frecuente, que genera tiempos perdidos por limpieza.
- Se encuentra material en los silos que no se necesita en el momento, es decir que no se realizan análisis para la preparación de la materia prima molida. Hay que cambiar frecuentemente de materia en los silos que provocan pérdida de tiempo por limpiezas, por evacuación de silos y falta de material en las líneas de producción
- No se reconocen los verdaderos motivos de limpieza y mantenimiento por parte del personal, por ende a información suministrada no es 100% confiable
- La manera en que se calibra los equipos y la manera en que se cambian mallas es demorado, se debe evaluar la mejor manera de hacerlo.
- El material se desborda y aglomera alrededor del molino de conos.

- El material se estanca en los ductos de retorno y no existe acceso a ellos
- Los canjilones de los elevadores se encuentran en mal estado por lo que el material se desborda.
- Se encuentran tiempos perdidos por mantenimiento cuando el equipo está programado a pesar de que el porcentaje de la capacidad no utilizada es alta.
- Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares
- Existen cambio de dimensión de granos que provocan cambio de mallas frecuente porque falta el establecimiento de un programa de producción adecuado.
- El molino de bolas requiere balanceo adecuado a cada material de cuerpos moledores.
- Existe demasiado retorno porque la dimensión del grano que sale del molino no es la adecuada y se pierde tiempo remoliendo.
- La alineación de motor de molino de bolas y los cambios de revestimiento, rodamientos y canjilones son muy frecuentes.

Para el caso de la línea de ladrillos prensados se puede concluir lo siguiente:

- La limpieza que se dan en los equipos ocupa una gran parte del tiempo dado que existen frecuencias altas por cambio de mezcla, moldes, referencia y esto se da por la falta de planeación de la producción ya que se tiene un enfoque pull, es decir se produce bajo pedido de los clientes.
- La falta de mezcla se da principalmente porque no existe un plan de requerimiento de materiales (MRP) lo cual afecta todas las líneas y la productividad de la planta.
- Una de las principales paradas que se dan en todos los puestos de trabajo es la aseo y se da principalmente porque no se tiene coherencia a la hora de hacer una limpieza en un puesto de trabajo dado que al hacerla afecta el trabajo hecho en las estaciones más cercanas porque la limpieza se realiza con sopletes lo cual simplemente dispersa el polvo y la mugre en el puesto de trabajo y hacia los más cercanos. Además no se tiene identificadas las fuentes de contaminación como fugas o escapes.
- Las prensas mecánicas (Boyd X, Boyd Y) e hidráulicas (Inmes, Onapres) se programan aproximadamente el 45% del tiempo disponible para hacerlo (ver anexo 2) , a pesar de la capacidad sobrante que existe en el puesto de trabajo se identificaron un alto porcentaje de paradas por mantenimiento del 50% y 20% del tiempo total perdido en las prensas mecánicas e hidráulicas respectivamente (ver anexo 3) y estas paradas pueden ser evitadas o

reducidas programándolas cuando las maquinas no necesiten ser operadas o utilizadas.

- Los aditivos necesarios para algunas calidades se suben por malacate y no hay suficiente espacio para almacenarlos cerca al puesto de trabajo.
- Atascamiento de canjilones y limpiezas por cambio de material.
- La materia prima molida que se almacenan en los silos se agota y no se tienen materia prima molida al momento requerido por el puesto de trabajo de mezclado.
- El mezclador debe devolver la mezcla cuando llega muy granosa (con mucho grano grueso) o muy fina (con poco grano grueso)
- Las paletas del mezclador tienen demasiado desgaste de material, y demasiada abrasión.
- Los cambios en el programa de producción son la principal fuente de paradas en todas la planta dado lo contaminantes q pueden ser las materias primas cuando se mezclan de manera no controlada y es por ello q se realizan tantas limpiezas, que son necesarias pero pueden ser menos frecuentes con campañas largas de las mismas referencia y calidad.
- La mayoría de reparaciones se hacen con mantenimiento correctivo, es decir cuando se para el equipo se realiza la reparación por ejemplo para el caso de las presas se usan chapas y matachos los cuales sirven para que el molde tenga las características y medidas necesarias y estos requieren de cambio o ajuste cuando se realiza un cambio de referencia y muchas veces se fabrican o reparan cuando el equipo se para y no se tiene inventarios de repuestos.
- Cada vez que existe cambio de campaña se producen variaciones de las medidas especificadas para cada referencia.
- Al comenzar la semana no existen mezclas preparadas, o existe avería en el área de mezclado
- La mezcla no cumple con las características adecuadas (humedad, matriz refractaria) y debe ser devuelta al proceso. Se pierde tiempo en el proceso porque se debe reprocesar
- Se encuentran frecuentes cambios de mezclas durante un turno.
- Se pierde tiempo al entrar y sacar los carros o vagonetas cuando se hay cambio de quema.
- Algunas quemas se deben dejar un tiempo mayor al estipulado por que algunas zonas del horno se encuentran atrasadas respecto al ciclo de la quema.

- Se adiciona pre-secado a un ciclo de quema cuando el producto en verde (ladrillo crudo) se encuentra con humedades muy altas y produce que el ciclo sea más largo.
- Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares.
- No se tiene claridad en el llenado del formato de tiempos perdidos en algunos puestos de trabajo. Son necesarias capacitaciones para el personal sobre los tipos de paradas que se producen en cada uno de sus puestos de trabajo.

Para el caso de la línea de especialidades se puede concluir lo siguiente:

- Las campañas de producción son cortas lo cual produce tiempo perdido en limpiezas en toda la línea que pueden ser menos frecuentes y más cortas en algunos casos.
- No se tiene claridad por parte del personal en el llenado del formato de tiempos perdidos en los puestos de trabajo y no se tiene claridad de los tipos de paradas que existen.
- La materia prima como los aditivos es introducida al mezclador de manera manual así que su pesaje es manual y se producen errores por pesaje.
- La tolva que debe recibir la mezcla se encuentra llena dado que no se encuentra personal disponible porque que deben etiquetar el saco de empaque o porque existe una falla en el equipo.
- La materia prima molida que se almacenan en los silos se agota y no se tienen materia prima molida al momento requerido
- La limpieza del área de trabajo y equipos se realiza con soplete lo cual perjudica la limpieza de otras áreas de trabajo y produce mayores tiempos perdidos por limpieza
- La falta de mezcla se da principalmente porque no existe un plan de requerimiento de materiales (MRP) lo cual afecta todas las líneas y la productividad de la planta.
- Se encuentran tiempos perdidos por mantenimiento cuando el equipo está programado
- Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares.

10. ESTANDARES DE PRODUCCIÓN.

En esta etapa del proyecto se planea hacer la revisión de los estándares de producción que existen en SAP (*Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*), el ERP que la empresa maneja, a los se les quiere hacer un paralelo con productividad real que existe hoy en la empresa, para ello se realizara: la definición de los puestos de trabajo a los cuales se les hará medición de la productividad y análisis de estándares de SAP vs. Productividad real.

Se definieron los siguientes puestos de trabajo para este análisis:

Área de preparación de materias primas

- Trituración
- Extrusión
- Molienda

Línea de ladrillo prensado

- Basculación y Mezclado
- Prensado
- Secado y Quema

Línea de especialidades

- Basculación y Mezclado
- Empaque

Para cada puesto de trabajo se realiza el mismo proceso con las siguientes herramientas:

Etapa	Herramienta
I. Medición.	Datos Históricos
II. Selección de productos y MP.	Diagrama de Pareto
III. Cálculo productividad.	Productividad de Proceso
IV. Análisis de Estándares.	Paralelo SAP vs. Histórico

10.1. MEDICIÓN

Los estándares son el resultado final del estudio de tiempos o de la medición del trabajo. Esta técnica establece un estándar de tiempo permitido para llevar a cabo una determinada tarea, con base en las mediciones del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y retardos inevitables del personal.¹⁹ Antes de fijar un estándar de tiempo, se deben definir las técnicas que se utilizaran para la medición de este estándar de tiempo o cálculo de productividad. Y para ello definimos las siguientes técnicas:

1. Sistemas de estándares de tiempo predeterminados. (PTSS)

Cuando durante la fase de planeación de un programa de desarrollo de un producto nuevo se requiere un estándar de tiempo, se utiliza la técnica PTSS. En esta etapa solo hay información vaga y se debe diseñar cada puesto de trabajo, establecer un patrón de movimientos, medir cada movimiento y asignar un valor de tiempo; el total de estos valores será el estándar de tiempo, el cual servirá para determinar el equipo, el espacio y las necesidades de personal para el nuevo producto, así como su precio de venta.

2. Estudio de Tiempos con cronometro.

El estudio de tiempos con cronometro es el método en el que piensan la mayoría de los empleados de manufactura cuando hablan de estándares de tiempo. Existen dos procedimientos diferentes de estudio de tiempos en esta técnica: Estudio continuo de tiempo (se emplea en trabajos de corta duración o con ciclos cortos) y Estudio de tiempo se ciclo largo (se realiza en trabajos muy largos: 31 minutos o más, o bien para trabajos donde los elementos a menudo se llevan a cabo fuera de secuencia).

3. Muestreo de Trabajo.

El muestreo de trabajo es el mismo proceso científico que se sigue en las mediciones de audiencia Nielsen, los sondeos Gallup, las encuestas de opinión y las estadísticas federales de desempleo. Observamos a las personas durante su trabajo y llegamos a conclusiones. Los supervisores, al hacer muestreo informal del trabajo, se forman continuamente una opinión

¹⁹ FREIVALDS, Andris, W. NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Duodécima edición, Mc Graw Hill, p 7.

sobre lo empleados “Todas las veces que los veo están trabajando” o “Nunca están trabajando” o Algo intermedio.

4. Datos Estándares.

Es la técnica más rápida y económica de establecer estándares de tiempo y pueden ser más precisos y coherentes que cualquier otra técnica de estudios de tiempo. A partir de los estándares de tiempo anteriores se debe averiguar que hace que el tiempo varíe en los diversos trabajos o maquinas.

5. Estándares de tiempo de opinión experta y de datos históricos.

Un estándar de tiempo de opinión experta es una estimación hecha por una persona con mucha experiencia del tiempo requerido para hacer un trabajo específico. Los datos históricos son un procedimiento contable de los sistemas de estándares de tiempo de opinión experta. Consiste en llevar un registro de cuánto tiempo requirió cada trabajo. El problema de estos estándares de tiempo históricos es que no muestran el tiempo que debió tomar el trabajo.²⁰

Dado el tiempo que se dispone para hacer el estudio (6 meses), la experiencia del personal de la planta (>1 año) y los datos disponibles suministrados por la empresa se definieron las siguientes técnicas de para la medición del estándar de tiempo y el cálculo de la productividad en cada puesto de trabajo: Estudio de tiempos con datos históricos para cada uno de los puestos de trabajo.

10.2. SELECCIÓN DE PRODUCTOS Y MP.

El catálogo de productos de Materiales Industriales abarca más de 1000 referencias diferentes en 8 calidades diferentes y es por ello que para analizar los estándares es necesario escoger y determinar cuáles son los productos principales en cada puesto de trabajo, para ello se utilizó el diagrama de Pareto.

Por ejemplo el área de Molienda fue medida por medio de datos históricos y para ello se determinó por medio de diagrama de Pareto las principales materias primas que se muelen en cada equipo.

²⁰ MEYERS, Fred E. Estudio de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Segunda Edición. Pearson Education. P 36 a 46.

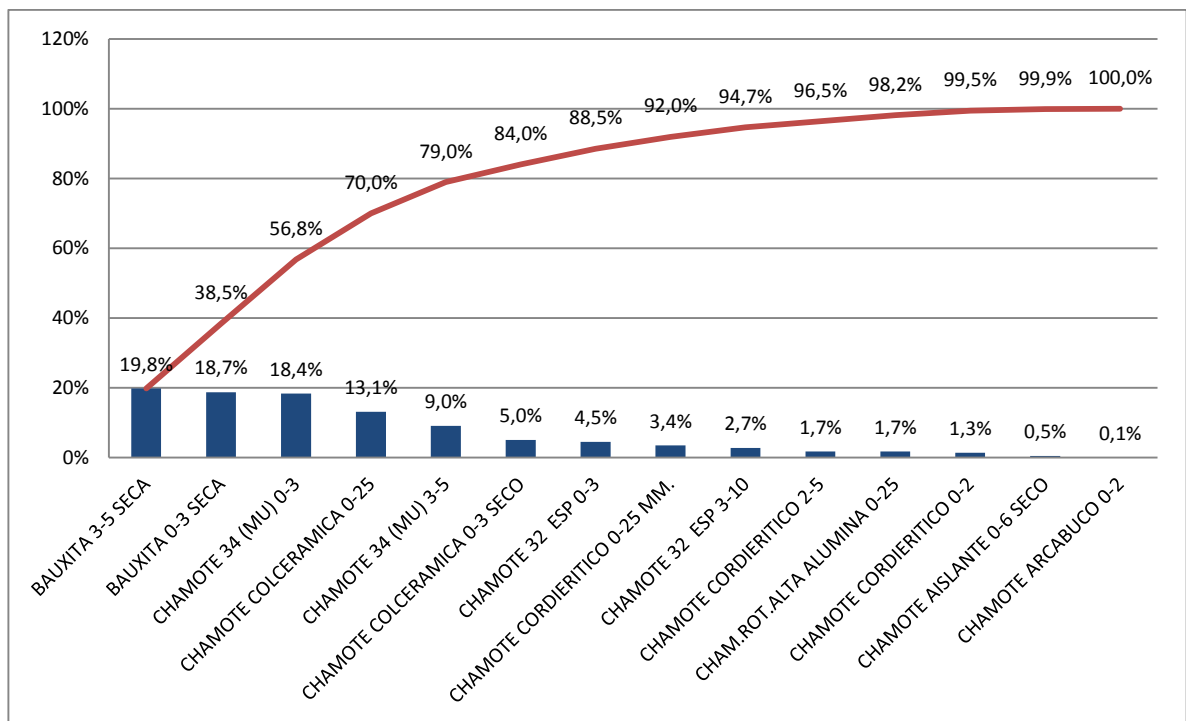


Diagrama 7. Pareto de producción del molino de conos Astecnia.

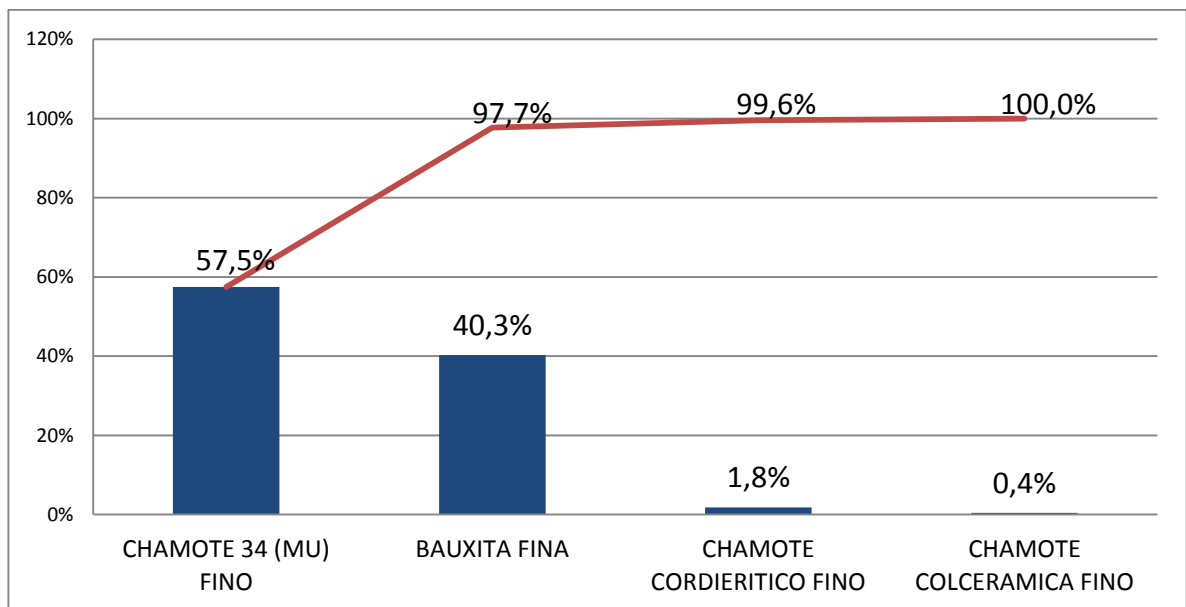


Diagrama 8. Pareto de Producción del Molino de Bolas Anivi.

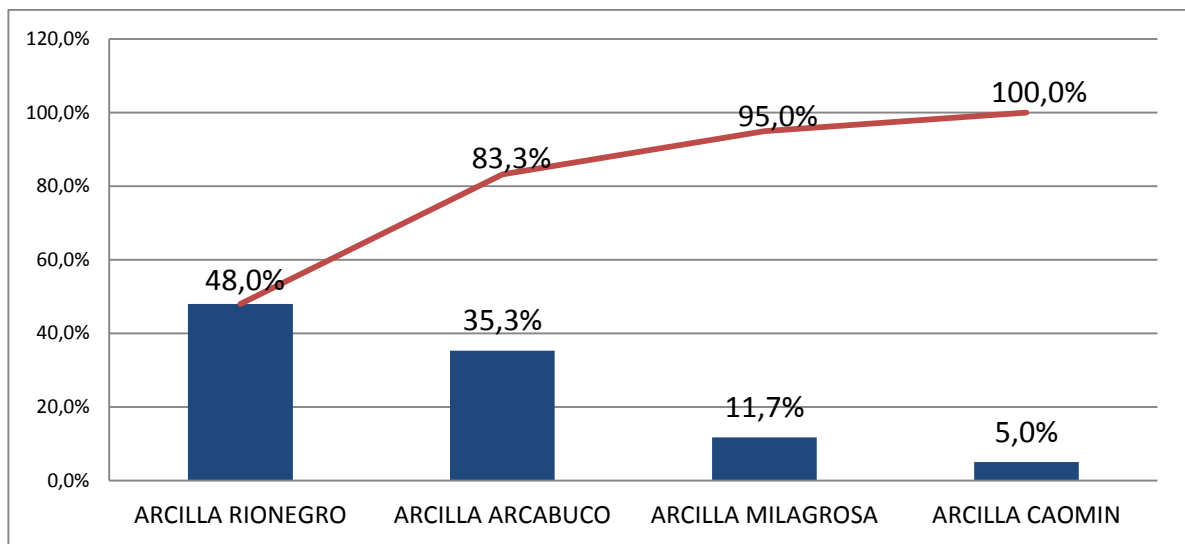


Diagrama 9. Pareto de Producción del molino de discos Teutonia.

Esta selección se da para cada puesto de trabajo dando los siguientes resultados:

Área de preparación de materias primas

- Trituración:

Materia Prima
Chamote Colcerámica
Rotura baja alúmina
Chamote cordierítico
Chamote rotura alta alúmina

- Extrusión:

Materia Prima
Arcilla Rionegro
Arcilla Arcabuco

- Molienda: Materia prima

MOLINO	MATERIA PRIMA
ASTECNIA	Bauxita 0-3
	Bauxita 3-5
	Chamote 34 0-3
	Chamote 34 3-5
	Chamote Colcerámica

ANIVI	Bauxita Fina Chamote 34 Fino
TEUTONIA	Arcilla Arcabuco Arcilla Rionegro

Línea de ladrillo prensado

- Basculación y Mezclado:

Calidad
U-32
U-33
ER-40
AL-50
BA-70
BA-80

- Prensado:

Referencia
Anclaje 553
Arco 1 9 x 4 ½
Arco 2 9 x 4 ½
Cuña 1 9 x 4 ½
ISO 320
ISO 322
ISO 620
ISO 622
K 1933
Llave 1
Recto 24 x 9
Recto 9 x 3
Recto 9 x 4 ½
RKA – 2
RKA – 3
Tableta 9 x 4 ½

- Secado y Quema:

Ciclo de Quema
Alta Alúmina
Baja Alúmina

Línea de especialidades

- Basculación y Mezclado:

	Mezcla
Concretos Baja Alúmina	CCOR CONCRAX 1300 CONCRAX1500 CONCRAX 1500 SR CONCRAX 1700 CONCRAX 1700-3 CONCRAX UG CONCRAX UG-A
Concretos Alta Alúmina	CANBC 80 CANBC 80 A CBC 50 CBC 50 RAL CBC 70 RAL CBC 85 CBC 85 A CBC 85 ACKXG CBC 85 A SR CMC 55 RA SR
Morteros Húmedos	AEROFRAX SUPERAEROFRAX
Morteros Secos	UNIVERSAL

- Empaque:

Equipo	Mezcla
EMPACADORA	CONCRAX 1300 CONCRAX1500 CONCRAX 1700 CONCRAX 1700-3 CONCRAX UG CONCRAX UG-A
ENSACADORA	CCORD CONCRAX 1500 SR CANBC 80 CANBC 80 A CBC 50 CBC 50 RAL CBC 70 RAL

	CBC 85
	CBC 85 A
	CBC 85 ACKXG
	CBC 85 A SR
	CMC 55 RA SR
	UNIVERSAL
EMPACADORA M.	AEROFRAX
HUMEDOS	SUPERAEROFRAX

10.3. CALCULO DE PRODUCTIVIDAD.

Después de haber escogido las principales materias primas y productos de cada puesto de trabajo se procede a calcular la productividad para cada uno de estos. Para ello primero definimos la productividad de cada puesto de trabajo como la cantidad fabricada (ya sea en unidades o kilogramos, dependiendo de cada puesto de trabajo) sobre la cantidad de horas utilizadas para fabricarlo (Tiempo neto utilizado, es decir, sin tomar en cuenta el tiempos perdido).

$$Productividad = \frac{\text{Cantidad de Unidades o kilogramos fabricados}}{\text{Tiempo empleado en la fabricación}}$$

Por ejemplo para el puesto de trabajo de molienda se calcula la productividad sumando la cantidad producida en un periodo de tiempo determinado dando los siguientes resultados

MOLINO	MATERIA PRIMA	*DATO HISTÓRICO (Kg/h)
ASTEKNIA	Bauxita 0-3	2.062
	Bauxita 3-5	1.981
	Chamote 34 0-3	2.699
	Chamote 34 3-5	1.157
	Chamote colceramica 0-3	2.192
ANIVI	Bauxita fina	925,60
	Chamote 34 fino	1.007
TEUTONIA	Arcilla Arcabuco	999,58
	Arcilla Rionegro	942

* Dato sacado del historial de producción de septiembre a diciembre de 2015

Tabla 6. Datos Históricos en el puesto de trabajo de Molienda

Se realizó este mismo cálculo para cada uno de los puestos de trabajo y a continuación se realiza un paralelo con los estándares establecidos por SAP.

10.4. ANALISIS DE ESTÁNDARES.

Para el análisis de los datos recolectados de históricos de producción del año 2015 la jefe del área de producción quiere hacer un paralelo con los estándares establecidos por el ERP que la empresa maneja (SAP).

Esos datos fueron suministrados por el sistema de información SAP y para su análisis se calcularon las desviaciones y el rendimiento de la productividad real (Dato histórico) respecto al dato de SAP como se muestra en la siguiente tabla para el caso del puesto de trabajo de molienda.

MOLINO	MATERIA PRIMA	ESTANDAR SAP (Kg/h)	*DATO HISTÓRICO (Kg/h)	DESVIACIÓN	RENDIMIENTO
ASTECNIA	Bauxita 0-3	3.550	2.062	1.488	58%
	Bauxita 3-5	2.364	1.981	383	84%
	Chamote 34 0-3	3.510	2.699	811	77%
	Chamote 34 3-5	2.340	1.157	1.183	49%
	Chamote colceramica 0-3	3.799	2.192	1.607	58%
ANIVI	Bauxita fina	1.258	925,60	332	74%
	Chamote 34 fino	1.320	1.007	313	76%
TEUTONIA	Arcilla Arcabuco	1.500	999,58	500	67%
	Arcilla Rionegro	1.500	942	558	63%

* Dato sacado del historial de producción de septiembre a diciembre de 2015.

Tabla 7. Paralelo entre los estándares establecidos en SAP con la productividad real del puesto de trabajo de Molienda

Para el molino de conos Astecnia.

- En comparación con los estándares de producción de SAP la producción real tiene una eficiencia promedio de 65%, es decir se produjo 35% menos de lo esperado en este intervalo de tiempo
- La producción que refleja menos eficiencia es la de chamote 34 3-5 con una eficiencia del 49%, es decir que produjo a un 49% de lo esperado en este intervalo de tiempo de esta materia prima.
- Se molió 16% menos de lo esperado de Bauxita 3-5, que es la eficiencia más alta.
- El equipo tiene una producción real aproximada de 2 toneladas por hora, produciendo 1 toneladas menos de la teórica.

Para el molino de bolas Anivi.

- En comparación con los estándares de producción de SAP la producción real tiene una eficiencia promedio de 75%, es decir se produjo 25% menos de lo esperado.
- La producción de Bauxita fina y Chamote 34 MU fino tiene una eficiencia de 74% y 76% respectivamente.
- El equipo está produciendo aproximadamente 322 kg menos de lo esperado cada hora.

Para el molino de disco Teutonia.

- En comparación con los estándares de producción de SAP la producción real tiene una eficiencia promedio de 65%, es decir se produjo 35% menos de lo esperado en este intervalo de tiempo.
- La producción de arcilla Arcabuco refleja una eficiencia del 67% y la de arcilla Rionegro una del 63%.
- El equipo tiene una producción real aproximada de 971 Kg por hora, produciendo 529 kg menos de lo esperado cada hora.

Este análisis se realizó para cada uno de los puestos de trabajo realizando el mismo proceso y se presentaron los resultados encontrados al jefe y gerente del área de manufactura para la toma de decisiones en cuanto a si se debe cambiar el estándar establecido por SAP o se debe cambiar las condiciones de trabajo en la estación. Y es por ello que en el siguiente capítulo se presenta una metodología que debe seguir la empresa para la mejora de la productividad en la planta que con la información recolectada debe dar una directriz a la empresa para saber dónde canalizar sus esfuerzos y cómo hacerlo.

11. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA.

La excelencia de una organización viene marcada por su capacidad de crecer en la mejora continua de todos y cada uno de los procesos que rigen su actividad diaria. La mejora se produce cuando dicha organización aprende de sí misma, y de otras, es decir, cuando planifica su futuro teniendo en cuenta el entorno cambiante que la envuelve y el conjunto de fortalezas y debilidades que la determinan. A continuación se presenta una metodología de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) de España²¹.

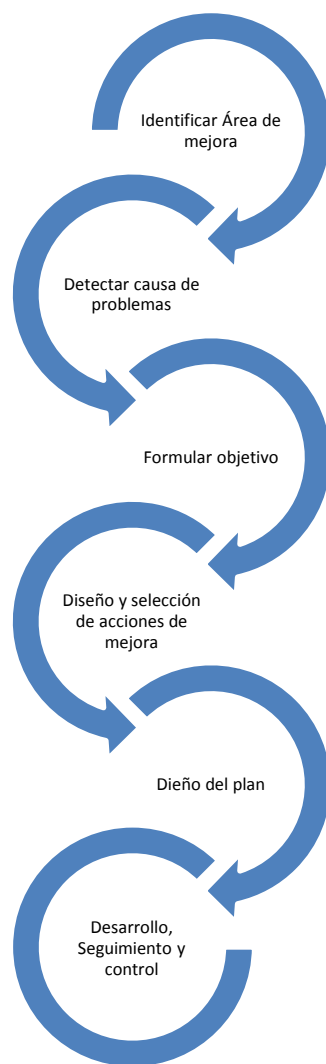


Diagrama 10. Metodología de plan de mejora

²¹PLAN DE MEJORAS, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Tomado de http://www.uantof.cl/public/docs/universidad/direccion_docente/15_elaboracion_plan_de_mejoras.pdf

11.1. PASOS A SEGUIR PARA LA ELABORACIÓN DE MEJORAS

11.1.1. IDENTIFICAR ÁREA DE MEJORA

La planificación de la estrategia en una organización es el principal modo de conseguir un salto cualitativo en el servicio que presta a la sociedad. Para ello es necesario realizar un diagnóstico de la situación en la que se encuentra. Una vez realizado el diagnóstico, la unidad evaluada conoce las principales fortalezas y debilidades en relación al entorno que la envuelve. La clave reside en la identificación de las áreas de mejora teniendo en cuenta que, para ello se deben superar las debilidades apoyándose en las principales fortalezas.

11.1.2. DETECTAR CAUSA DE PROBLEMAS

La solución de un problema, y por lo tanto la superación de un área de mejora, comienza cuando se conoce la causa que lo originó. Existen múltiples herramientas metodológicas para su identificación. Entre otras cabe destacar:

- El diagrama de espina de pescado (causa-efecto),
- Diagrama de Pareto,
- Casa de la calidad,
- Tormenta de ideas.

La utilización de alguna de las anteriores o de otras similares ayudará a analizar en mayor profundidad el problema y preparar el camino a la hora de definir las acciones de mejora.

11.1.3. FORMULAR OBJETIVO

Una vez se han identificado las principales áreas de mejora y se conocen las causas del problema, se han de formular los objetivos y fijar el período de tiempo para su consecución. Por lo tanto, al redactarlos se debe tener en cuenta que han de:

- expresar el resultado que se pretende lograr,
- ser concretos,
- y estar redactados con claridad.

Así mismo deben cumplir las siguientes características:

- ser realistas: posibilidad de cumplimiento,
- acotados: en tiempo y grado de cumplimiento,

- flexibles: susceptibles de modificación ante contingencias no previstas sin apartarse del enfoque inicial,
- comprensibles: cualquier agente implicado debe poder entender qué es lo que se pretende conseguir,
- obligatorios: existir voluntad de alcanzarlos, haciendo lo necesario para su consecución.

11.1.4. DISEÑAR Y SELECCIONAR ACCIONES DE MEJORA

El paso siguiente será seleccionar las posibles alternativas de mejora para, posteriormente, priorizar las más adecuadas. Se propone la utilización de una serie de técnicas (tormenta de ideas, técnica del grupo nominal, etcétera) que facilitarán la determinación de las acciones de mejora a llevar a cabo para superar las debilidades. Se trata de disponer de un listado de las principales actuaciones que deberán realizarse para cumplir los objetivos prefijados.

11.1.5. DISEÑO DEL PLAN

El listado obtenido es el resultado del ejercicio realizado habiendo aplicado prioridad a los problemas detectados. Así que se aconseja tener en cuenta la mayoría de ellas. Pero para tener un orden de priorización a la hora de ejecutarlas se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- **Dificultad de la implantación**

La dificultad en la implantación de una acción de mejora puede ser un factor clave a tener en cuenta, puesto que puede llegar a determinar la consecución, o no, del mismo. Se procederá a priorizarlas de menor a mayor grado de dificultad.

- **Plazo de implantación**

Es importante tener en cuenta que hay acciones de mejora, cuyo alcance está totalmente definido y no suponen un esfuerzo excesivo, con lo que pueden realizarse de forma inmediata o a corto plazo. Por otro lado, existirán acciones que necesiten la realización de trabajos previos o de un mayor tiempo de implantación.

- **Impacto en la organización**

Se define como impacto, el resultado de la actuación a implantar, medido a través del grado de mejora conseguido (un cambio radical tiene un impacto mucho mayor que pequeños cambios continuos). Es importante también tener

en cuenta el grado de despliegue al que afecta la medida. Si ésta afecta a varias partes su impacto será mayor y la prioridad también deberá serlo.

A continuación se presenta una tabla que servirá como herramienta a la hora de establecer una priorización en las acciones de mejora identificadas anteriormente. Una vez establecidas las puntuaciones de cada factor se establecerá la suma de las mismas, lo que servirá de orientación para identificar como prioritarias aquellas que tengan una mayor puntuación total.

Nº	Acción de mejora	Dificultad	Plazo	Impacto	Priorización

Tabla 8. Priorización de mejoras

Se establecen valores para cada ítem de priorización así:

DIFICULTAD

1. Mucha
2. Bastante
3. Poca
4. Ninguna

PLAZO

1. Largo
2. Medio
3. Corto
4. Inmediato

IMPACTO

1. Ninguno
2. Poco
3. Bastante
4. mucho

Y su priorización será del valor mayor al menor.

11.1.6. DESARROLLO, SEGUIMIENTO Y CONTROL

El siguiente paso es la elaboración de un cronograma para el seguimiento e implantación de las acciones de mejora. En el mismo, se dispondrán de manera ordenada las prioridades con los plazos establecidos para el desarrollo de las mismas que serán definidos por la gerencia y dirección de planta.

Una vez elegidas por orden de prioridad, procedemos a construir el plan de mejoras incorporando también los elementos que permitirán realizar el seguimiento detallado del plan para garantizar su eficacia y eficiencia, de acuerdo con la tabla que se añade en el Anexo 7.

11.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación se presenta el desarrollo que se debe llevar a cabo para la implementación de la metodología descrita anteriormente.

11.2.1. IDENTIFICAR ÁREA DE MEJORA

Para la identificación del área que se va a mejorar se deben tener en cuenta las fortalezas y debilidades de la empresa y con ella detectar el área o áreas que deben ser analizadas (ver Anexo 4) pero para este proyecto se decidió desde un comienzo que el estudio se realizaría sobre el área o departamento de producción de la empresa Materiales Industriales de la organización Corona, aunque este estudio fue realizado para esta área se puede seguir la misma metodología para las otras áreas de la empresa como ventas, finanzas, inventarios y demás áreas que conforman a la empresa y que la organización considere que necesite de un análisis similar a este.

11.2.2. DETECTAR CAUSA DE PROBLEMAS

Para la detección de problemas fueron presentados los datos, información y análisis de los mismos en los capítulos 9 (causas de tiempos perdidos) y 10 (Estándares de producción), en los cuales se explica cómo fueron identificados, seleccionados y analizados las principales problemas en los diferentes puestos de trabajo que conforman las líneas principales de la planta. Cabe aclarar que estas no son las únicas dificultades que existen en esta área pero que a consideración y por petición del gerente de manufactura de la empresa los tiempos perdidos y los estándares de producción fueron el foco de este proyecto y por ello no se analizaron otras falencias en el área de producción.

11.2.3. FORMULAR OBJETIVO

Una vez conocidas las causas que originaron el problema se fija el objetivo a conseguir según lo explicado en el punto 11.1.3 y se refleja en la misma tabla.

11.2.4. DISEÑAR Y SELECCIONAR ACCIONES DE MEJORA

La selección de las acciones de mejora es consecuencia lógica del conocimiento del problema, de sus causas y del objetivo fijado. Aplicando una metodología adecuada, tal y como se recomienda en el punto 11.1.4, se pueden seleccionar las acciones más apropiadas. El número de acciones dependerá de la complejidad del problema y de la organización de la gestión interna.

A continuación se presentan las mejoras propuestas para el área de producción de la empresa Materiales Industriales que fueron recolectadas por medio de lluvia de ideas donde participaron los empleados de la planta de Sogamoso incluyendo al jefe de producción, jefe de calidad, supervisores de producción y operarios; además los conocimientos obtenidos en la carrera ingeniería industrial fueron primordiales para que se presentaran otras propuestas de nivel estratégico y táctico teniendo como objetivo principal el incremento de la productividad de la planta. Estas propuestas se realizaron para las principales líneas de producción de la planta canalizando los esfuerzos para atacar las causas principales de tiempos perdidos.

En la preparación de materias primas:

Nº	CRITERIO	OPORTUNIDAD DE MEJORA	ACTIVIDAD	BENEFICIOS
1	PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO	Cambio de Materia Prima muy Frecuente, que genera tiempos perdidos por limpieza	Pronósticos de demanda del puesto de trabajo de mezclado y basculación para establecer la producción semanal del equipo	Disminución de la programación de los equipos y baja la frecuencia de cambio de materia prima y de granulometrías
2	INVENTARIO DE MATERIA PRIMA EN SILOS	Se encuentra material en los silos que no se necesita en el momento	Definir una manera de llevar un inventario de la materia prima existente en los silos, que debe ir acorde a las demandas de Mezclado	Mejor utilización de la capacidad existente en los silos
3	AUMENTO DE CAPACIDAD DE SILOS	Hay que cambiar frecuentemente de materia en los Silos	Aumento de la capacidad de silos o aumento de número de silos	Bajar la frecuencia en cambios de material y granulometrías.
4	FORMATO DE TIEMPOS PERDIDOS	No se reconocen los verdaderos motivos de limpieza y mantenimiento	Revisar el formato de tiempos perdidos, para reportar los ¿porque? de limpieza y mantenimiento	Apoyo a mantenimiento predictivo

5	CALIBRACIÓN DE EQUIPO	La método en que se calibra el equipo y se cambian mallas es demorado	Cambiar el mecanismo de calibración y el mecanismo de cambio de mallas por un método en el que no se invierta mucho tiempo	Baja el tiempo perdido por calibración y cambio de mallas
6	DESPERDICIO	El material se desborda y aglomera alrededor del molino Astecnia	Sellamiento del molino Astecnia	Evitar salida de material y disminuir tiempos por calibración y limpieza
7	ESTANDARIZAR LIMPIEZA	muy frecuente la limpieza	Determinar la intensidad de la limpieza cada equipo dependiendo la materia prima que se va a moler y de la programación del molino	Disminución de tiempos perdidos por limpieza
8	DUCTOS DE RETORNO	El material se estanca en los ductos de retorno y no existe acceso a ellos	Acoplar una plataforma para acceder a los ductos de retorno y un cajón con fondo cónico. programar cambio de bandas por desgaste	facilita la limpieza y disminuir el tiempo en esta actividad
9	BAJO RENDIMIENTO	Los canjilones se encuentran en mal estado por lo que el material se desborda	Realizar Mantenimiento preventivo a los canjilones	Mejora el Rendimiento del equipo
10	BAJO RENDIMIENTO	la granulometría de finos puede ser más gruesa	actualización de especificaciones, revisar mínimos y máximos	aumenta cantidad de alimentación y aumenta rendimiento
11	MANTENIMIENTO	Se encuentran tiempos perdidos por mantenimiento cuando el equipo está programado	Programar mantenimientos predictivos y preventivos en tiempos no programados	Reducción de tiempos perdidos por mantenimiento

12	ESTANDARES DE PRODUCCION	Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares	Actualización de Estándares de Producción, consumo de Mano de Obra y energía.	Dejar de generar costos irregulares
13	PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO	Cambio de dimensión de granos que provocan cambio de mallas frecuente	Realizar campañas largas de la misma granulometría y material. Mejorar el sistema de tensores para hacer el cambio en menor tiempo	Disminuir tiempo perdido por cambio de mallas y calibración
14	BAJO RENDIMIENTO	El molino de bolas requiere balanceo adecuado de cuerpo moledores	Realizar ensayos con diferente distribución de los cuerpos moledores del molino de bolas para encontrar el balanceo adecuado para el material adecuado y crear tabla.	Aumenta rendimiento de molino de bolas
15	BAJO RENDIMIENTO	Existe demasiado retorno porque la dimensión del grano que sale del molino no es la adecuada	Hacer campañas grandes de granos con las misma granulometría para no tener cambios frecuentes y pérdidas de tiempo por calibración	Aumentar rendimiento de los Quipos y disminuir tiempos perdidos por calibración
16	MANTENIMIENTO	La alineación de motor de molino de bolas y los cambios de revestimiento, rodamientos y canjilones son muy frecuentemente	Disminuir vibración del equipo con algún revestimiento para ello y hacer mantenimiento predictivo y preventivo a los equipos	Disminuye tiempo perdido por calibración del equipo

Tabla 9. Mejoras propuestas en la preparación de materias primas

En la línea de Ladrillos prensados:

Nº	CRITERIO	OPORTUNIDAD DE MEJORA	ACTIVIDAD	BENEFICIOS
1	ESTANDARIZAR LIMPIEZA	muy frecuente la limpieza	Determinar la intensidad y tiempo de la limpieza que cada equipo debe tener	Disminución de tiempos perdidos por limpieza
2	ALISTAMIENTO DE MP PARA MEZCLADO	Los aditivos necesarios para algunas calidades se suben por malacate y no hay suficiente espacio para almacenarlos cerca al puesto de trabajo	Adecuar un lugar cercano para el almacenamiento de materia prima requerida por el mezclador	Disminución de Tiempo perdido por alistamiento de materia Prima
3	MANTENIMIENTO ELEVADORES	Atascamiento de canjilones y limpiezas por cambio de material	Inspección del estado y funcionamiento adecuado de los elevadores de canjilones, y campañas grandes de mezclas principales	Reducción de tiempo perdido por limpiezas y mantenimiento a los elevadores
4	FALTA DE MATERIA PRIMA	La materia prima molida que se almacenan en los silos se agota y no se tienen materia prima molida al momento requerido	Definir inventarios en los silos de las materias primas más demandadas y aumentar capacidad de almacenamiento de MP molida	Reducir reclamos y tiempo perdido por falta de materia prima molida.
5	DEVOLUCIÓN DE MEZCLA	El mezclador debe devolver la mezcla cuando llega muy granosa (con mucho grano grueso) o muy fina (con poco grano grueso)	Evitar la segregación de la materia prima molida en los silos	Evitar pérdida de tiempo por calidad de mezcla
6	CAMBIO DE PALETAS DEL MEZCLADOR	las paletas tienen demasiado desgaste de material, y demasiada abrasión	cambiar el material de las paletas, además de capacitar a los mezcladores de los criterios para el cambio de paletas	Evitar cambios de paletas de mezclador innecesarios y aumento de vida útil de las mismas

7	CAMBIO MOLDES PRENSAS	Existen cambios de referencia, desgaste de chapas y cambios en el programa de producción que producen tiempos perdidos para cambiar moldes	Producción por pronósticos y no por pedido para evitar cambios repentinos en el programa de producción y reducir limpiezas, cambios de moldes en prensas, calibraciones, ajustes, y demás. Tener listos los moldes, matachos, chapas antes de ser requeridos en las prensas.	Reducción de tiempos perdidos por cambio de molde y limpiezas
8	AJUSTE DE MEDIDAS PRENSAS	Cada vez que existe cambio de campaña se producen variaciones de las medidas especificadas para cada referencia		Reducción de tiempo perdido por ajuste de medidas y calibración de la prensa en general
9	FALTA DE MEZCLA	Al comenzar la semana no existen mezclas preparadas, o existe avería en el área de mezclado	Identificar la manera de dejar mezcla preparada para el inicio de semana sin que esta pierda las características de calidad requeridas por prensado. Realizar mantenimiento preventivo y predictivo a las prensas cuando no se encuentren programadas para trabajar	Evitar tiempos perdidos por falta de mezcla y reducir tiempos por mantenimiento
10	DEVOLUCIÓN DE MEZCLA	la mezcla no cumple con las características adecuadas (humedad, matriz refractaria)	Inspeccionar que la materia prima tenga la distribución y cantidad apropiada antes de ser mezclada y capacitar al mezclador para ello	Evitar tiempos perdidos por mezcla de mala calidad
11	CORRECCIÓN DE REBABA PRENSAS	El desgaste de chapas y matachos son la causa para corregir la rebaba en las prensas	Tener inventarios de repuestos de chapas y matachos e investigar tipo de material de estos	Evitar el mantenimiento correctivo por paradas de chapas o matachos

			para que tengan menos desgaste	desgastados y aumentar la vida útil de estos
12	ASEO DEL PUESTO DE TRABAJO	La limpieza del área de trabajo y equipos se realiza con soplete lo cual perjudica la limpieza de otras áreas de trabajo y produce mayores tiempos perdidos por limpieza	Realizar limpieza con aspiradores e identificar las fuentes de contaminación (Fugas, escapes, otros puestos de trabajo)	Disminuir tiempo perdido por limpiezas
13	BAJO RENDIMIENTO	Se encuentran frecuentes cambios de mezclas durante un turno	Mantener la fabricación con una misma mezcla el mayor tiempo posible	Aumenta productividad en las líneas
14	CAMBIO DE QUEMA	Se pierde tiempo al entrar y sacar los carros o vagonetas cuando se hay cambio de quema	Evaluar si se puede contar con un horno de quema continua y no periódico	disminución por tiempos perdidos por entrar y sacar carros
15	RETENCIONES EN HORNO	Algunas quemas se deben dejar un tiempo mayor estipulado por que algunas zonas del horno se encuentra atrasadas respecto del ciclo de una quema	Reemplazar quemadores por otros de mayor potencia y modificar las curvas de quemas de acuerdo con los nuevos quemadores	Aumenta productividad dl horno
16	ADICIONAR PRESECADO	Se adiciona pre-secado a un ciclo de quema cuando el producto en verde (ladrillo crudo) se encuentra con humedades muy altas	Fabricación de producto en verde al momento adecuado para dejar el tiempo que requiere en el secado al ambiente	Disminución en el consumo de gas y del ciclo de la quema
17	MANTENIMIENTO	Se encuentran tiempos perdidos por mantenimiento cuando el equipo está programado	Programar mantenimientos predictivos y preventivos en tiempos no programados	Reducción de tiempos perdidos por mantenimiento

18	ESTANDARES DE PRODUCCION	Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares	Actualización de Estándares de Producción, consumo de Mano de Obra y energía.	Dejar de generar costos irregulares
19	FORMATO DE TIEMPOS PERDIDOS	No se tiene claridad en el llenado del formato de tiempos perdidos en algunos puestos de trabajo	Revisar el formato de tiempos perdidos, y capacitar a todo el personal respecto a los tipos de paradas que se presentan en su puesto de trabajo	Ayuda a la confiabilidad en la toma de decisiones

Tabla 10. Mejoras propuestas en la línea de ladrillos prensado

En la línea de Especialidades:

Nº	CRITERIO	OPORTUNIDAD DE MEJORA	ACTIVIDAD	BENEFICIOS
1	ESTANDARIZAR LIMPIEZA	La limpieza es muy frecuente por cambios de material	Determinar la intensidad y tiempo de la limpieza que cada equipo debe tener. Definir programas de producción con campañas largas del mismo producto	Disminución de tiempos perdidos por limpieza
2	FORMATO DE TIEMPOS PERDIDOS	No se tiene claridad en el llenado del formato de tiempos perdidos en algunos puestos de trabajo	Revisar el formato de tiempos perdidos, y capacitar a todo el personal respecto a los tipos de paradas que se presentan en su puesto de trabajo	Ayuda a la confiabilidad en la toma de decisiones
3	ALISTAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	La materia prima como los aditivos es introducida al mezclador de manera manual así que su pesaje es manual	Adecuar Silos o tolvas de almacenamiento para insumos con pesaje automático como las materias primas molidas	Evitar tiempo perdido por alistamiento de materias primas y evitar errores humanos en el pesaje de aditivos

4	TOLVA EMPAQUE LLENA	la tolva que debe recibir la mezcla se encuentra llena dado que no se encuentra personal disponible porque que deben etiquetar el saco de empaque o porque existe una falla en el equipo	Aumentar capacidad de la tolva de empaque (2 barcadas), tener una máquina de etiquetado automático y realizar mantenimiento cuando el equipo no este programado para trabajar	Continuidad en el proceso y aumento de la productividad en la línea
5	FALTA DE MATERIA PRIMA	La materia prima molida que se almacenan en los silos se agota y no se tienen materia prima molida al momento requerido	Definir inventarios en los silos de las materias primas más demandadas y aumentar capacidad de almacenamiento de MP molida	Reducir reclamos y tiempo perdido por falta de materia prima molida.
6	ASEO DEL PUESTO DE TRABAJO	La limpieza del área de trabajo y equipos se realiza con soplete lo cual perjudica la limpieza de otras áreas de trabajo y produce mayores tiempos perdidos por limpieza	Realizar limpieza con aspiradores e identificar las fuentes de contaminación (Fugas, escapes, otros puestos de trabajo)	Disminuir tiempo perdido por limpiezas
7	FALTA DE MEZCLA	La falta de mezcla se da principalmente porque no existe un plan de requerimiento de materiales (MRP) lo cual afecta todas las líneas y la productividad de la planta.	Realizar MRP que proporcione datos para que no existas deficiencias en los inventarios de materias primas	Evitar la falta de materia prima en inventarios y aumento de la productividad de la planta
8	MANTENIMIENTO	Se encuentran tiempos perdidos por mantenimiento cuando el equipo está programado	Programar mantenimientos predictivos y preventivos en tiempos no programados	Reducción de tiempos perdidos por mantenimiento

9	ESTANDARES DE PRODUCCION	Los estándares reales no concuerdan con los establecidos por SAP, lo que genera costos irregulares	Actualización de Estándares de Producción, consumo de Mano de Obra y energía.	Dejar de generar costos irregulares
---	--------------------------	--	---	-------------------------------------

Tabla 11. Mejoras propuestas en la línea de especialidades

Cada una de estas propuestas debe ser analizada, seleccionada y realizada una planificación para su ejecución que a continuación se explica.

11.2.5. DISEÑO DEL PLAN

Ahora se está en condiciones de comenzar a elegir, de priorizar las actuaciones a implantar y de establecer el resto de elementos que son necesarios para conseguir el objetivo prefijado. Para priorizar las acciones de mejora seguiremos las indicaciones establecidas en el punto 11.1.5.

11.2.6. DESARROLLO, SEGUIMIENTO Y CONTROL

La empresa atraviesa un reto con la implementación de TPM, como ya se explicó anteriormente lo que busca esta metodología de trabajo es involucrar a todas las partes en el proceso de mejora de la productividad y se orienta a crear un sistema de gestión que maximice la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa.

Es necesario definir los indicadores de eficacia TPM, que serán calculados y graficados por cada operario en su puesto de trabajo, para llevar seguimiento y control para poder evidenciar de manera gráfica y cuantificar las mejoras que se vayan ejecutando en la planta, además se involucra a los operarios en sus puestos de trabajo para que conozcan su trabajo y lo puedan evaluar; estos indicadores se clasifican en 6 tipos:

Tipo	Responsable
• Indicadores de gestión	Dto. Producción
• Indicadores de eficacia de la planta	Supervisores y operarios
• Indicadores de calidad y ahorro de energía	Dto. Calidad
• Indicadores de mantenimiento	Dto. Mantenimiento
• Indicadores de salud, seguridad y entorno	Dto. Salud Ocupacional

Los indicadores de gestión son a largo plazo (a medida que las mejoras son ejecutadas) y será responsabilidad de la jefatura de producción implementarlos y

evaluarlos. Para los indicadores de eficacia de la planta la dirección de la empresa deberá definir los responsables y la secuencia de los indicadores porque no se pueden implementar todos al mismo tiempo, se debe capacitar a los trabajadores sobre como calcular y graficar cada indicador. La frecuencia presentada para cada indicador debe ser evaluada y definida por el departamento de producción, esta es solo una propuesta.²²

11.2.6.1 Indicadores de gestión

Indicador	Formula	Objetivo	Frecuencia	Observaciones
Beneficio de operaciones	$= \text{Ganacias totales} - \text{perdidas totales}$	Definido por la gerencia	Anual	Indicar el rendimiento global de la planta
Productividad del personal	$= \frac{\text{Volumen de Producción}}{\text{Nº trabajadores u horas trabajadas}}$	Definido por la gerencia	Anual	Output por persona
Reducción de costos	<i>Reducción de costos absoluta o porcentual</i>	Definido por la gerencia	Semestral	% de reducción de costos o umbral de rentabilidad
Reducción de los stocks de producto	<i>Reducción absoluta o porcentual de los stocks de producto</i>	Definido por la gerencia	Semestral	En comparación con el “antes” de implementar las mejoras
Eficiencia de inversiones en equipo	$= \frac{\text{Producción por periodo en \$}}{\text{Valor activos fijos al final del periodo}}$	Definido por la gerencia	Semestral	indica la productividad de las inversiones en equipos

Tabla 12. Indicadores de gestión

11.2.6.2. Indicadores de eficacia de la planta

Indicador	Formula	Objetivo	Frecuencia	Observaciones
Disponibilidad	$= \frac{T. \text{operación} - T. \text{perdido}}{\text{Tiempo de operación}}$	>90%	Mensual	
Tasa de Rendimiento	$= \frac{\text{Tasa media de producción}}{\text{Tasa de producción de SAP}}$	>95%	Diario	India el rendimiento en el puesto de trabajo y de la planta
Tasa de calidad	$= \frac{\text{Volumen de producción} - (\text{defectos y reprocesos})}{\text{Volumen de producción}}$	>99%	Diario	Tasa para el puesto de trabajo
Efectividad Global de la planta, puesto de trabajo u equipos.	$\text{Disponibilidad} * \text{Tasa de Calidad} * \text{Tasa de Rendimiento}$	80% - 90%	Semestral, semanal o diario.	Efectividad Global del proceso, subproceso y equipos

²² MORALES ZAMORA, Juan Francisco, Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación de TPM en Chile. Tomado http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.6%20indicadores%20TPM.pdf

Tasa de producción	$= \frac{\text{Volumen de Producción}}{\text{Tiempo de operación}}$	>95 % Tasa de producción de SAP	Diario	Producción real por unidad de tiempo
Número de fallos de equipos	<i>Número de paros por fallos del equipo</i>	Minimizar	Diario	Número de averías inesperadas que conducen a paradas de producción
Número de fallos de proceso	<i>Número de paros por fallos del proceso</i>	Minimizar	Diario	Incluye cualquier fenómeno que conduce a anomalías de proceso o calidad.

Tabla 13. Indicadores de eficacia de la planta

11.2.6.3. Indicadores de calidad y ahorro de energía

Indicador	Formula	Objetivo	Frecuencia	Observaciones
Tasa de aprovechamiento de MP	$= \frac{\text{Volumen de producción que sale}}{\text{Volumen de producción que entra}}$	>95%	Diario	No tener en cuenta reproceso para el volumen de producción que entra
Número de defectos pasados sin detectar	$= \text{Número de defectos pasados al proceso siguiente sin detectar}$	0	Diario	Errores de muestreo, inspección, etc.
Número de reclamaciones	$= \text{Número de reclamaciones del proceso siguiente}$	0	Diario	Reproceso por mala calidad o defectos.
Rendimiento Global	$= \frac{\text{Volumen de Producto Terminado}}{\text{Total materias primas utilizadas}}$	Maximizar	Diario	Rendimiento Global de cada tipo de producto
Consumo de electricidad, agua, gas	$= \text{Tendencia de consumo}$	Minimizar	Mensual	

Tabla 14. Indicadores de calidad y ahorro de energía

11.2.6.4. Indicadores de mantenimiento

Indicador	Formula	Objetivo	Frecuencia	Observaciones
Frecuencia de Fallos	$= \frac{\text{Número de paradas por fallos}}{\text{Tiempo total programado}}$		Diario, semanal o mensual	Se pueden subdividir en paros<10 min. Y paros>10 min.
Tasa de gravedad de fallos	$= \frac{\text{Tiempo total paradas por fallos}}{\text{Tiempo total programado}}$	<0,15%	Diario, semanal o mensual	Mantener el tiempo total de paradas <1h/mes
Tasa de mantenimiento correctivo	$= \frac{\text{Número de trabajos de MC}}{\text{Número Total de trabajos de MC y MP}}$	0	Mensual	MC: Mantenimiento Correctivo. MP: Mantenimiento Preventivo.

Costo de paradas debidas a fallos	$= \text{Tiempo de paradas} * \text{costo por unidad de tiempo}$	Minimizar	Mensual	Incluir producción perdida, costos de energía y costos de horas perdidas de personal
Tasa de logros del PM	$= \frac{\text{Tareas PM terminadas}}{\text{Tareas PM planificadas}}$	>90%	Semanal o Mensual	PM: Planificación del mantenimiento

Tabla 15. Indicadores de Mantenimiento

11.2.6.5. Indicadores de salud, entorno y seguridad

Indicador	Formula	Objetivo	Frecuencia	Observaciones
Frecuencia de accidentes	$= \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{Tiempo total programado}}$	0	Anual	Número de accidentes por total de horas de trabajo
Tasa de gravedad de accidentes	$= \frac{\text{Tiempo perdido por accidentes}}{\text{Tiempo total programado}}$	0	Anual	Número de días de trabajo perdidos por accidentes de trabajo
Número de accidentes con pérdida de días de trabajo	$= \text{Número actual de días perdidos por accidentes de trabajo}$	0	Anual	Mantener por debajo de la media de la industria.
Número de días continuos sin accidentes	$= \text{Número actual de días sin accidentes de trabajo}$	Maximizar	Número total de días	Incluye accidentes que requieran o no perdidas de días de trabajo
Número de incidentes	$= \text{Número actual de incidentes}$	Definidos por la gerencia	Mensual	
Nivel de ruidos del lugar de trabajo	$= \text{Medir en puntos fijos usando mapas de ruido}$	Dentro de los requerimiento legales	Mensual	Medir también niveles de luz, polvo, gas toxico y otros factores que afecten el entorno

Tabla 16. Indicadores de salud, entorno y seguridad

Además se debe definir los formatos para graficar los indicadores, algunos de estos fueron expuestos y propuestos a la gerencia (ver anexo 5).

12. CONCLUSIONES

- Materiales Industriales S.A. no tiene un soporte cuantitativo de las causas de los tiempos perdidos en cada puesto de trabajo, a pesar de conocer algunas de ellas no tienen identificadas las causas que deben ser atacadas y analizadas a profundidad.
- La empresa no tiene claro si los estándares establecidos por SAP están adecuados a la planta de Sogamoso, dado que muchos de estos fueron establecidos en la planta de Itagüí donde se encontraban donde se encontraban estas líneas de producción.
- A partir de los análisis realizado en el capítulo 9 se identifican patrones en las paradas de cada puesto de trabajo que se correlacionan como la limpieza, es decir, al atacar estas paradas con la implementación de las mejora no va a afectar solo un puesto de trabajo sino todos los que se correlacionan con ella.
- Los datos recolectados de causas de tiempos perdidos en el capítulo 9 no dan 100% de confiabilidad dado que algunos operarios no tiene claridad a la hora de llenar los formatos de tiempo perdidos en su puesto de trabajo.
- El estudio permitió identificar que con la implementación de un sistema de producción push o al menos un híbrido push/pull se disminuirían paradas con altas frecuencias. Además de la implementación de un plan de Requerimiento de Materiales (MRP) que disminuirá las paradas en el proceso por falta de materias primas.
- La tasa de producción de cada puesto de trabajo no concuerda con la mayoría de estándares establecidos en SAP estando la mayoría de ellos por debajo y con desviaciones altas, así que se debe evaluar si el estándar debe ser cambiado o se debe mejorar las condiciones de trabajo en cada estación.
- La desviación de los estándares establecidos por SAP y la tasa de producción real es muy alta en algunos puestos de trabajo como empaque de especialidades (ver Anexo 6) lo que lleva a que existan costos irregulares en SAP.
- El involucrar al operario no solo en la ejecución de mejoras sino también en el seguimiento y control servirá para que la empresa incremente la productividad de todos sus puestos de trabajo basados en una competencia sana. La implementación de TPM también ayudara en este punto.

13. RECOMENDACIONES

- Las mejoras propuestas deben ser analizadas, evaluadas y priorizadas por cada parte involucrada en la mejora, algunas de estas son a nivel estratégico (largo plazo) como cambiar la distribución de un área de trabajo, táctico (mediano plazo) como cambiar el sistema de producción actual u operativo (corto plazo) como cambiar la manera de realizar un trabajo.
- La metodología de mejora propuesta se hizo para el área de producción de la planta de Sogamoso pero puede ser implementada para otras áreas como finanzas, ventas, inventarios, etc. o para otras plantas de la empresa u organización como la planta en Itagüí.
- Además de las mejoras propuestas se deben tener en cuenta otras que vayan surgiendo antes, durante, y después de la implementación de la metodología. Los cuales deberán tener el mismo análisis propuesto en la metodología de mejora.
- Para que los datos de causas tiempos perdidos tengan mayor confiabilidad se deben adecuar los formatos de manera que sean más entendibles para el operario y/o supervisor y capacitar al personal en el llenado del mismo.
- Para llevar a cabo las acciones de mejora propuestas es necesario especificar las tareas concretas que deberán realizarse para la consecución de los objetivos. Para ello hay que determinar quién es el responsable de la puesta en marcha y de la ejecución de las acciones de mejora, las diferentes tareas a desarrollar, los recursos humanos y materiales necesarios, el período de consecución, la fecha de inicio, los indicadores de seguimiento y los responsables de realizar el control y seguimiento de las mismas.
- Los operarios que sean responsables del seguimiento y control por medio de indicadores deben ser capacitados para el hacerlo, dado que la mayoría de ellos no maneja este tipo de herramientas
- Los indicadores servirán de evidencia para la mejora de la productividad de la planta siempre y cuando se calculen y grafiquen correctamente además es necesario que las mejoras en el proceso se estén ejecutando.
- Es necesario que Materiales industriales S.A realice un estudio similar para cuando se incrementen sus líneas de producción y su catálogo de productos.
- Los resultados por la implantación de mejoras deben ser divulgados a todo el personal de la empresa para motivar a la mejora continua dentro de la planta.

14. BIBLIOGRAFIA E INFOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFÍA

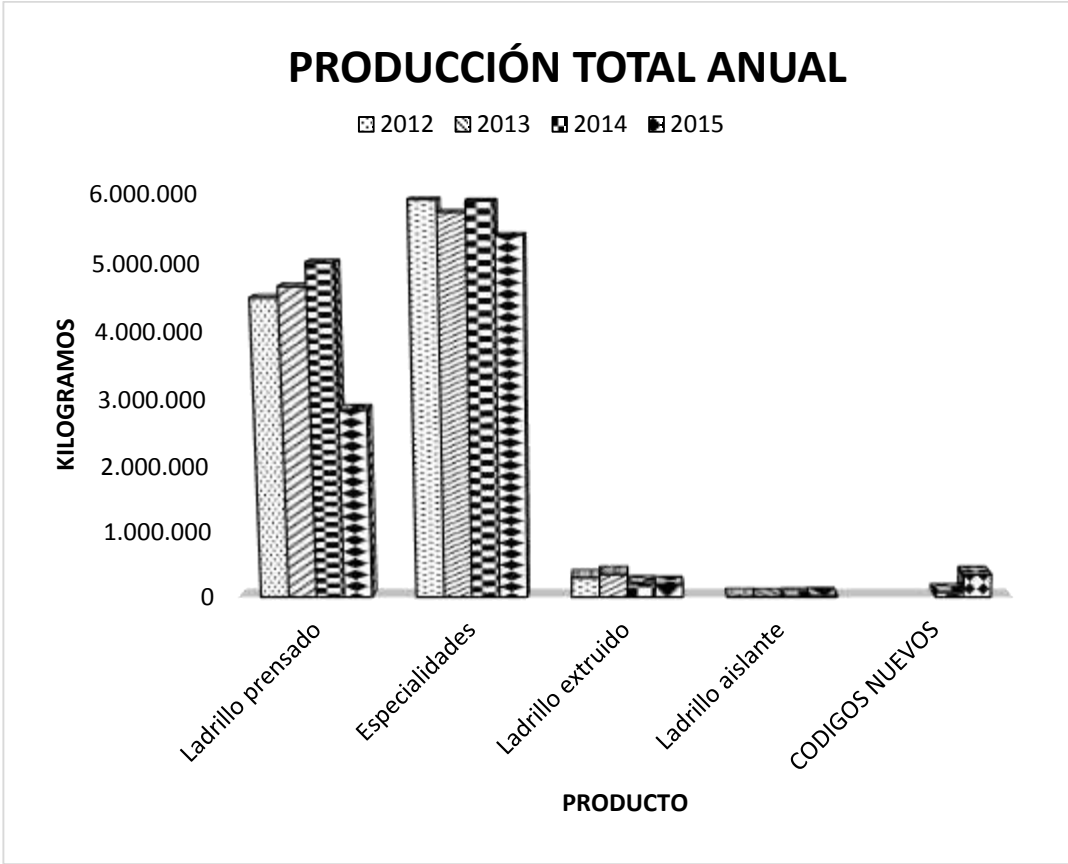
- ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL, Lean Manufacturing, Conceptos, Técnicas e Implantación.
- ESPINOSA F, Fernando. Apunte sobre Métodos y Tiempos. Universidad de Talca Facultad de Ingeniería.
- FREIVALDS, Andris, W. NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Duodécima edición, Mc Graw Hill.
- GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del Trabajo. Segunda Edición. Mc Graw Hill.
- MARTÍNEZ, MATIAS. Diagramas Causa – Efecto, Pareto y Flujogramas. UNIVERSIDAD ALEJANDRO DE HUMBOLDT, PLAN DE LA PRODUCCION Y CONTROL DE LA CALIDAD
- MEYERS, Fred E. Estudio de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Segunda Edición. Pearson Education.
- NICHOLAS J. AQUILANO, RICHARD B. CHASE, F. ROBERT JACOBS. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros. Duodécima edición, Mc Graw Hill.
- ONU, Integrated and coordinated implementation and follow-up of major. United Nations conferences and summits. Nueva York, Estados Unidos de América, 10 y 11 de mayo de 1999, p. 18.

INFOGRAFÍA

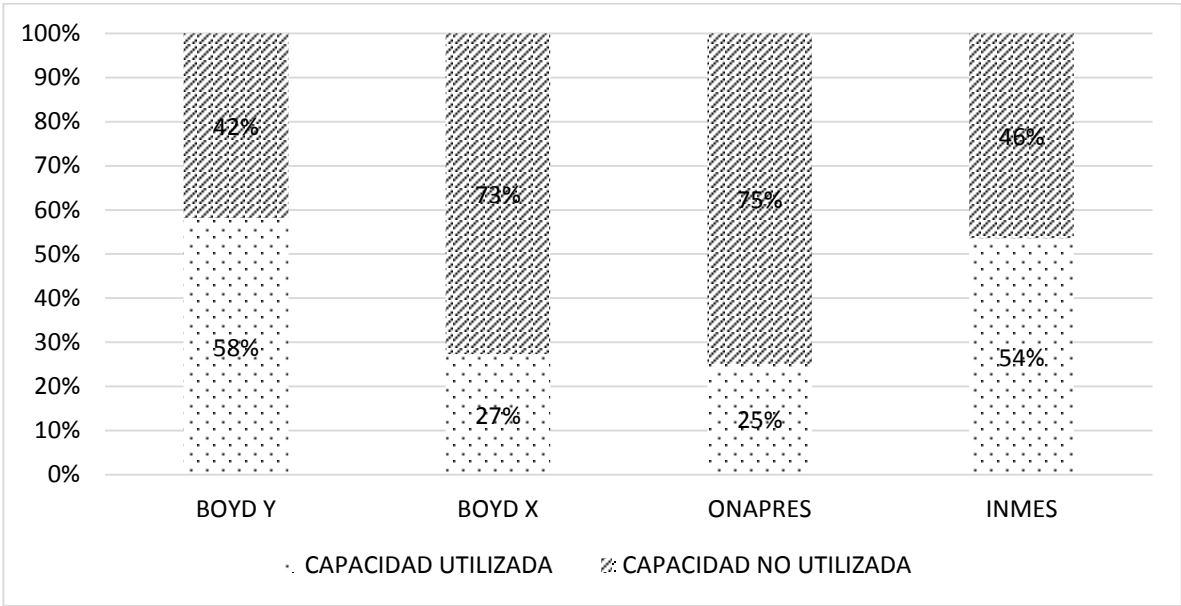
- DMAIC The 5 Phases of Lean Six Sigma www.GoLeanSixSigma.com
- FORMACIÓN AVANZADA TPM PARA LÍDERES DE FÁBRICA, Apsoluti Group www.apsoluti.es
- <https://cfsbusiness.files.wordpress.com/2011/10/tpm1.pdf>
- <https://es.wikiversity.org/wiki/Refractarios>
- http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/19_Apunte%20Refractarios.pdf
- <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.Refractarios.Introduccion.pdf>
- <http://www.gestiopolis.com/estudio-de-los-tiempos-de-trabajo/>
- PLAN DE MEJORAS, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Tomado de http://www.uantof.cl/public/docs/universidad/direccion_docente/15_elaboracion_plan_de_mejoras.pdf

ANEXOS

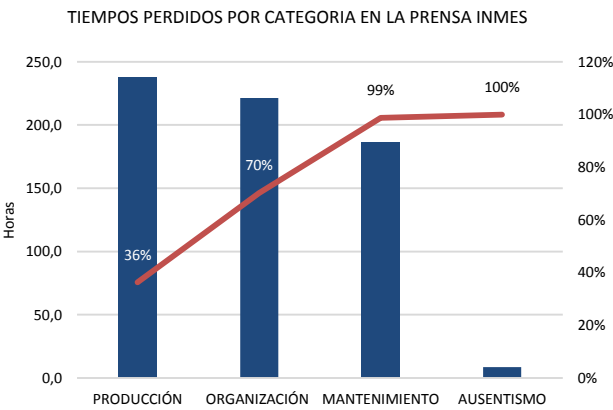
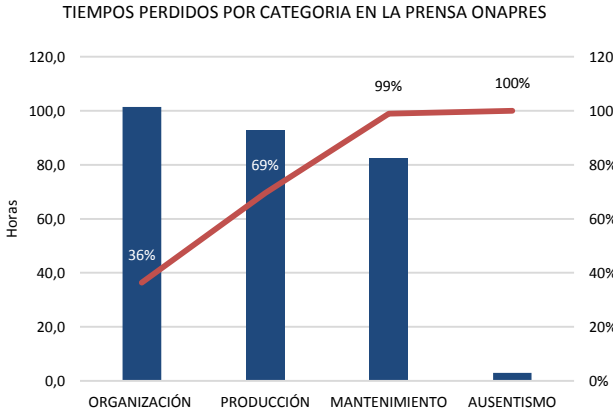
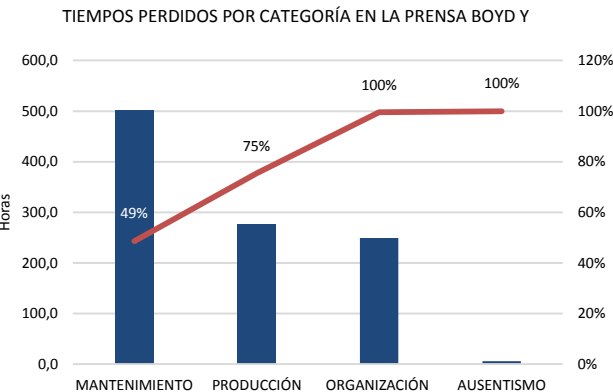
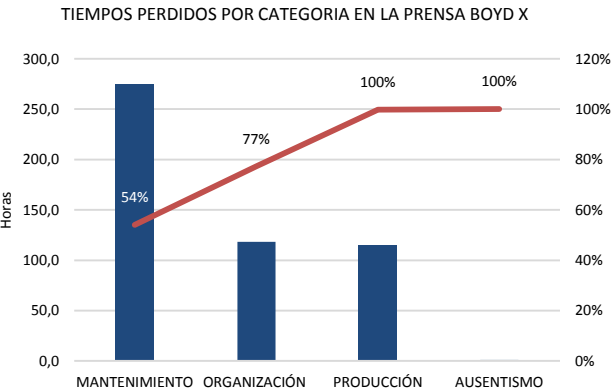
Anexo 1. Producción Total Anual



Anexo 2. Distribución de la capacidad instalada de Prensas




Anexo 3. Diagrama de Pareto de tiempos perdidos por categoría en el prensado

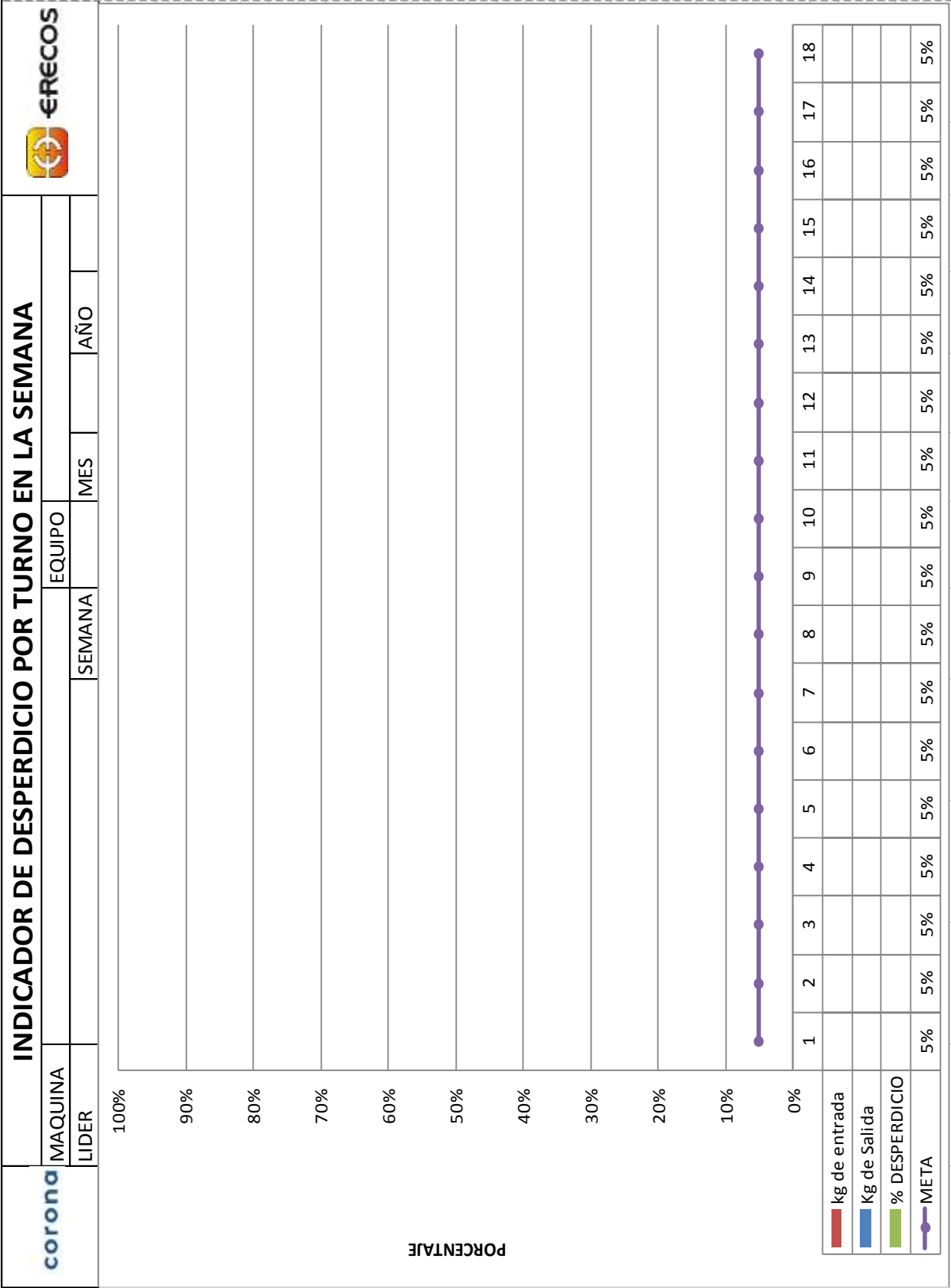


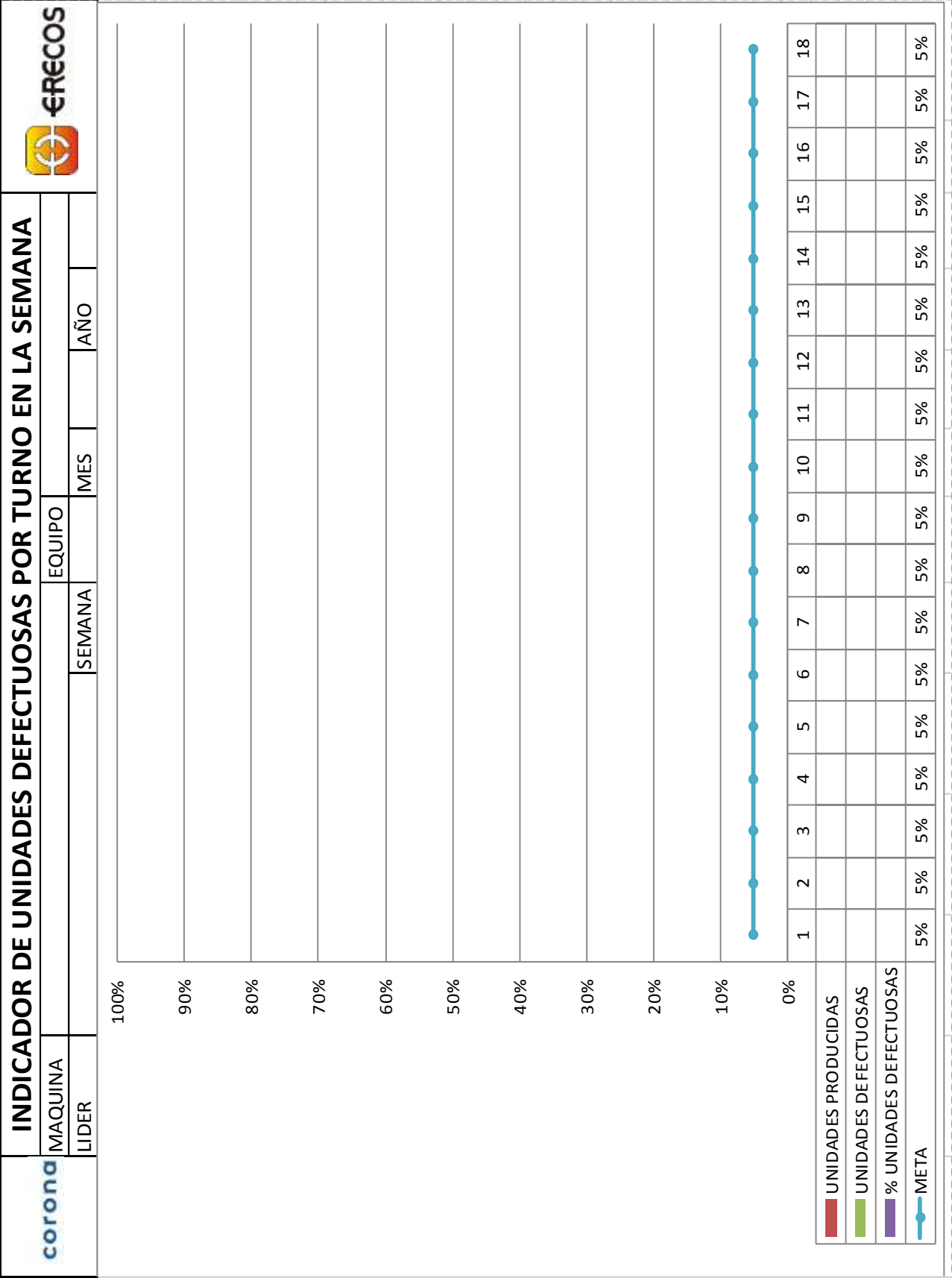
Anexo 4. Tabla para identificar áreas de mejora

Fortalezas	Debilidades	Área de mejora
1.	1.	
2.	2.	
3.	3.	
4.	4.	
...	...	

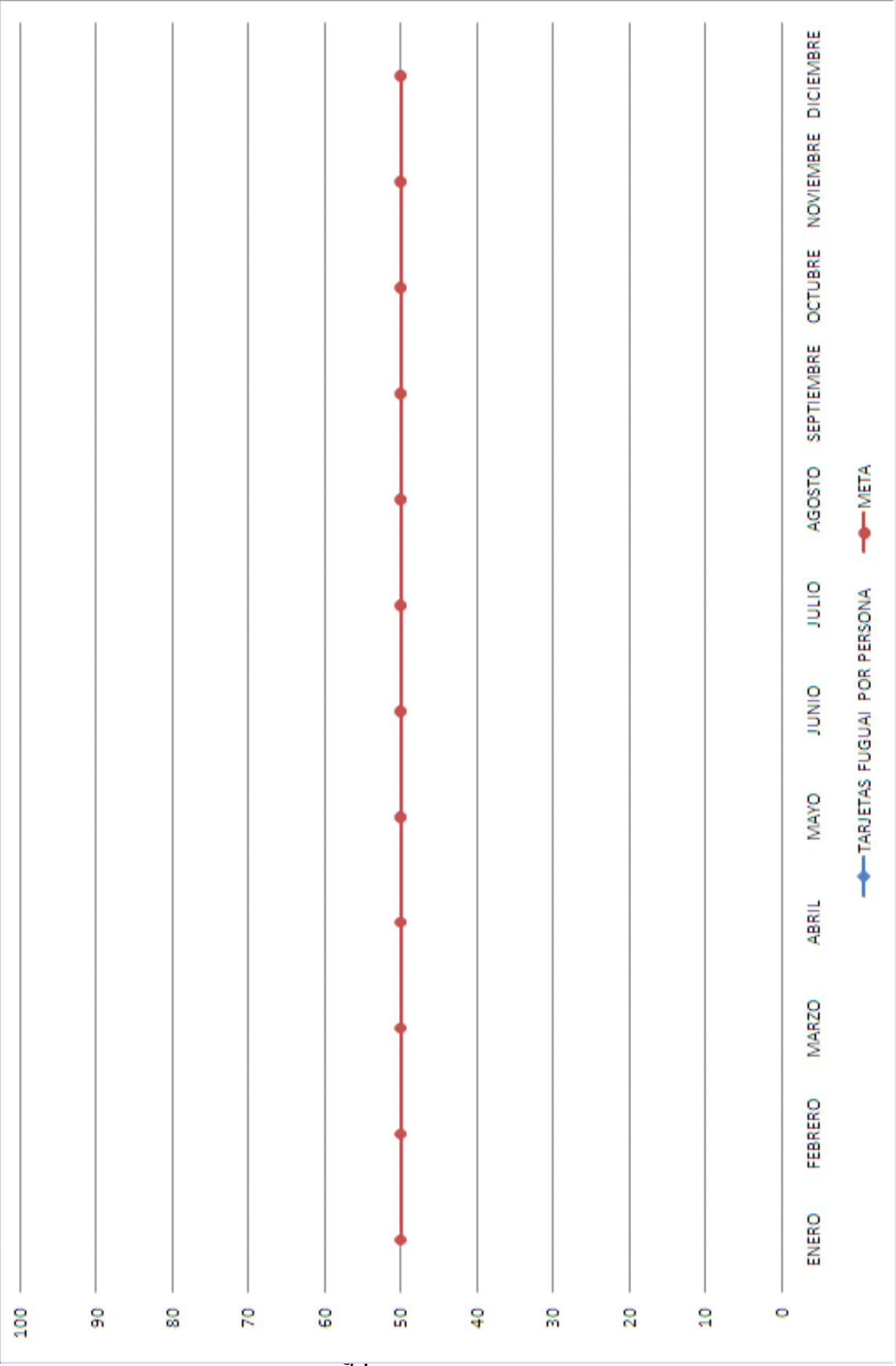
Anexo 5. Gráficas de Indicadores Propuestos

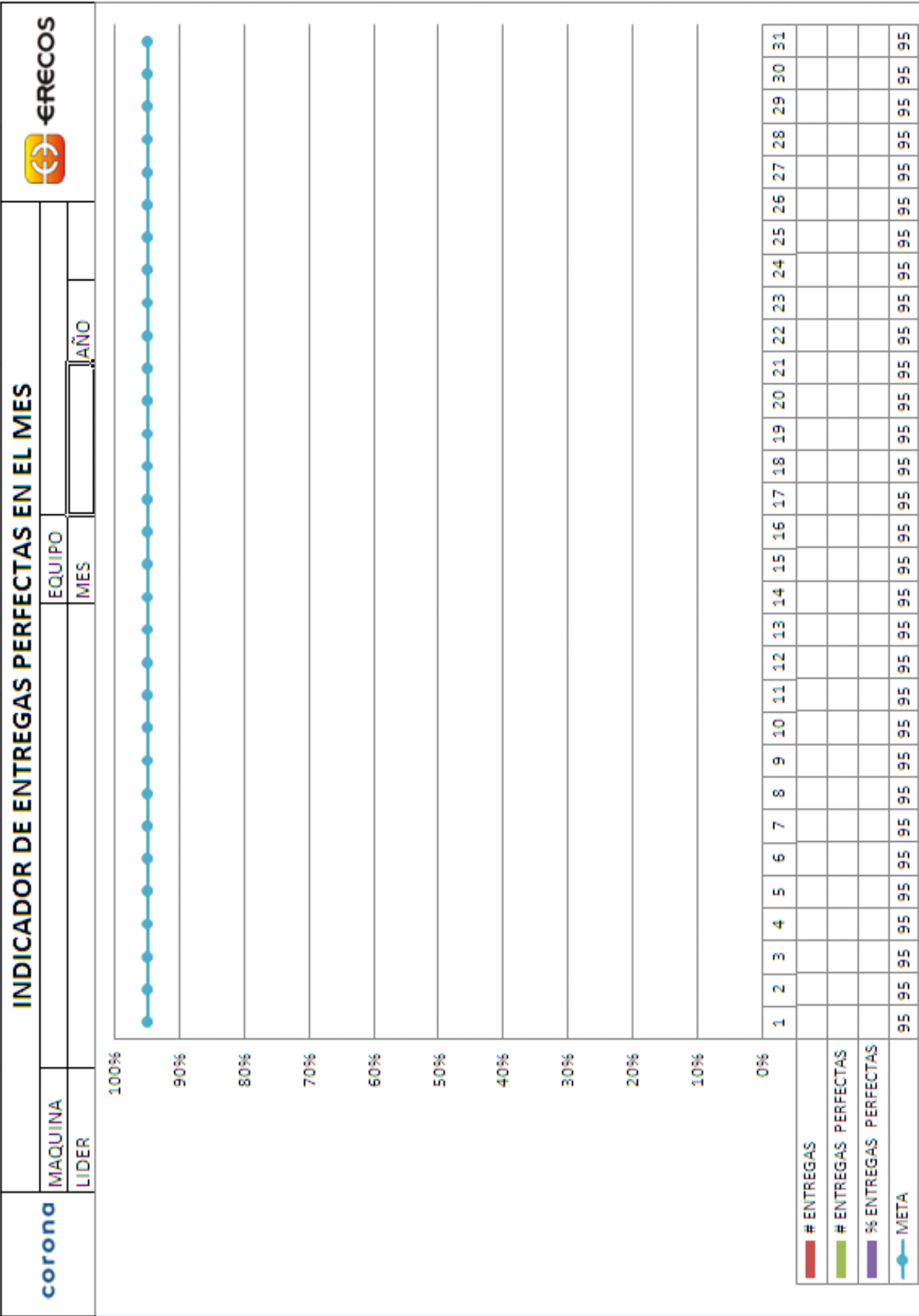
		INDICADOR NÚMERO DE ACCIDENTES E INCIDENTES EN EL MES												 ERECOs																	
	EQUIPO	LIDER												AÑO																	
		MES																													
ZONA																															
10																															
9																															
8																															
7																															
6																															
5																															
4																															
3																															
2																															
1																															
0																															
# INCIDENTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
# ACCIDENTES																															
META	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





corona	INDICADOR DE TARJETAS FUGUAI POR PERSONA EN EL AÑO				 ERECOS
	EQUIPO		LIDER		
	ZONA		AÑO		





Anexo 6. Estándares y productividad real en empaque de especialidades

	ARTÍCULO	ESTANDAR SAP (Kg/H)	ESTANDAR REAL (Kg/H)		DESVIACIÓN	TASA RENDIMIENTO
			ENSACADORA	EMPACADORA		
CONCRETOS DE BAJA ALUMINA	CCORD	9600	2285		7315	24%
	CONCRAX 1300	9600		3289	6311	34%
	CONCRAX 1500	9600		3379	6221	35%
	CONCRAX 1500 SR	9600	2444		7156	25%
	CONCRAX 1700	9600		3720	5880	39%
	CONCRAX 1700 (3 MM)	9600		3586	6014	37%
	CONCRAX UG	9600		3637	5963	38%
	CONCRAX UG-A	9600		3519	6081	37%
CONCRETOS DE ALTA ALUMINA	CANBC 80	9600	2183		7417	23%
	CANBC 80A	9600	2354		7246	25%
	CBC 50	9600	2485		7115	26%
	CBC 50 RAL	9600	2054		7546	21%
	CBC 70 RAL	9600	1525		8075	16%
	CBC 85	9600	2310		7290	24%
	CBC 85 A	9600	2281		7319	24%
	CBC 85 ACKXG	9600	2060		7540	21%
	CBC-85 A SR	9600	2382		7218	25%
	CMC 55 RA	9600	2322		7278	24%
	CMC 55 RA SR	9600	2472		7128	26%
	CSC-85	9600	2683		6917	28%
MORTEROS HUMEDOS	SUPERAEROFRA	3080	1339		1741	43%
MORTEROS SECOS	UNIVERSAL	6250	1455		4795	23%

Anexo 7. Tabla para construir el plan de mejoras.

PLAN DE MEJORAS							
Acciones de mejora	Tareas	Responsable(s) tarea(s)	Fecha Inicio	Fecha Final	Recursos Necesarios	Indicador de Seguimiento	Responsable seguimiento
1.1	a) b) c) (...)						
1.2	a) b) c) (...)						
(...)							
2.1	a) b) c) (...)						
2.2	a) b) c) (...)						
(...)							